انتصارات العلم الحديث

تأليف

ميلفين بيرجر



ترجمة

الدكتور ثابت قصبجي
والأستاذ عبد العزيز محمود



مكتبة طريق العلم
www.books4arab.com

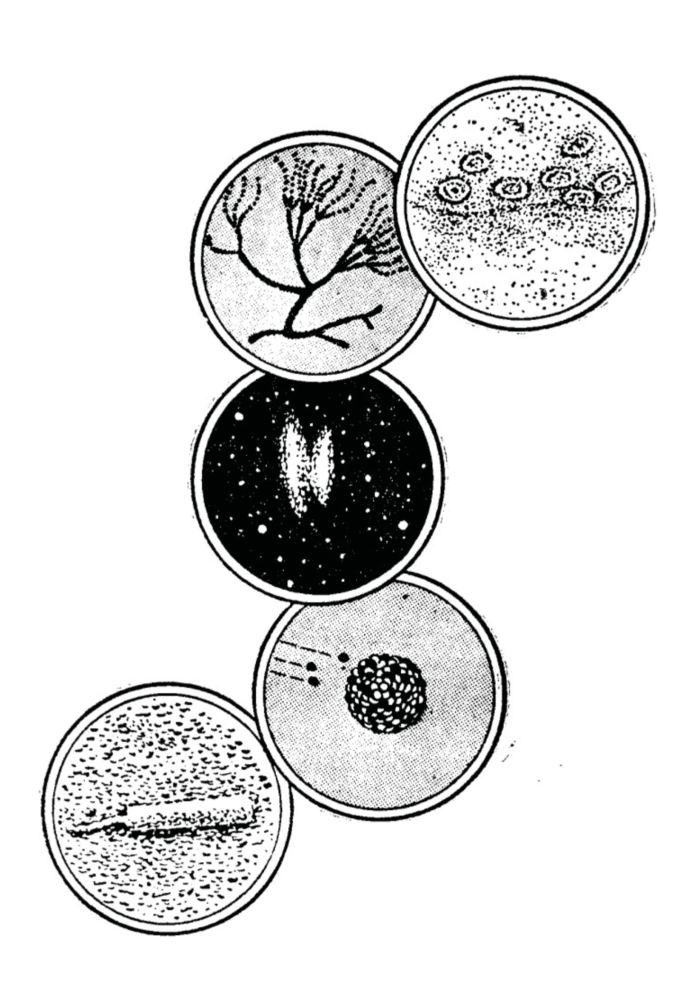
انتصارات العلم الحديث

تاليف
ميلڤين بيرجر

ترجمة
الدكتور ثابت قصبجي
والاستاذ عبد العزيز محمود

مطابع البلاغ
٢٦ شارع منصور ت ٣٢٩٣٦
القاهرة

محتويات الكتاب





الفصل الأول

مضادات الحيوية

كان من خصال « ألكسندر فلمنج Alexander Flemming » (١٨٨١ — ١٩٥٥) ، مكتشف أول العقاقير المعجزة ، الاستفادة من الأحداث ومن الوقائع وليدة الصدفة .

ففي عام ١٩٠١ ، حصل فلمنج على أعلى درجة في الاختبار الذي عقد بإنجلترا للراغبين في الالتحاق بمدارس الطب ، ومن ثم كان له حق اختيار المدرسة التي يريدها . وقد كتب فلمنج عن ذلك فيما بعد فقال « كان عدد مدارس الطب بلندن اثنتي عشر مدرسة ، وكانت ثلاث منها تبعد عن منزلي مسافة واحدة ، ولم يكن لي سابق معرفة بأي منها سوى سابقة اشتراكي في لعبة (كرة الماء) ضد فريق إحدى هذه المدارس ، وهي مدرسة سانت ماري ، ولذا التحقت بهذه المدرسة » .

وواضح من كلام فلمنج أن حادثة لعبة كرة الماء هي التي دفعته لاختيار مدرسة سانت ماري . وحدث أثناء وجوده بالمدرسة أن أشار عليه أحد أصدقائه بضرورة الحصول على شهادة الزمالة في الجراحة ، وكانت رسوم التسجيل لهذه الدرجة خمسة جنيهات دفعها فلمنج ، ولكنه بعد حصوله على هذه الدرجة لم يجد بنفسه أي ميل على الإطلاق إلى الجراحة . وقد عقب على ذلك في كتابته فقال : « إن طبيعتي كاسكتلندي جعلتني دائم الندم على الجنيهات الخمسة التي صرفتها لغير ما غرض ! » . وبالرغم من ذلك فقد مضى فلمنج في طريقه ليحصل على أعلى شرف يناله جراح ، ألا وهو عضوية الكلية الملكية للجراحة .

وقد اتجه فلمنج بعد ذلك لدراسة علم البكتريا (البكتريولوجيا) لسبب لا يقل في غرابته عن السبب الذي وجهه إلى مدرسة سانت ماري ، فقد كان بمدرسة سانت ماري هذه نادياً ممتازاً للرماية . ولما كان فلمنج يجيد فن الرماية وكان

النادى المذكور فى حاجة إلى دم جديد ، لذلك دعى فلمنج للعمل بعمل البكتريولوجيا بهذه المدرسة ليكون تحت تصرف ناديها المذكور ، وقد قبل فلمنج هذا المنصب عام ١٩٥٦ وقضى فيه بقية حياته . وبذا نجد أن لعبة (كرة الماء) قد وجهت فلمنج لمدرسة سانت مارى ، وقادته الجنيهات الخمسة نحو الجراحة ، كما كان نادى البولو هو السبب فى دراسته للبكتريولوجيا . وهكذا يتضح أن القصة أبعد ما يمكن عن قصة حياة عالم موهوب يعرف فيها منذ البداية العمل الذى يبتغيه .

ومنذ ذلك الوقت بدأت الظروف تعد فلمنج لأكبر حدث هام فى حياته ، ألا وهو الاكتشاف الذى توصل إليه بمحض الصدفة ، والذى كان مقدراً له أن يصبح حدثاً هاماً بالنسبة لكل واحد منا .

ففى عام ١٩٠٨ كتب فلمنج بحثاً عن « الإصابة البكتيرية الحادة » جمع فيه كل خطوط المعركة التى ظل طوال حياته يخوضها ضد البكتريا . وأعد فى هذا البحث قائمة بالوسائل التى كان يستخدمها أطباء عام ١٩٠٨ لمكافحة البكتريا المسببة للأمراض . ولم يكن يقدر فى ذلك الوقت أنه سوف يكتشف بعد عشرين سنة وسيلة أخرى لمحاربة البكتريا تتفوق بمراحل على كافة الوسائل التى ضمنها قائمته .

وقد كان التطعيم (Vaccination) أول وسيلة تضمنتها قائمة فلمنج ، وفيه تؤخذ البكتريا المسببة للمرض بعد إماتتها أو إضعاف قوتها وتحقن فى جسم المريض فتحثه على بناء قواعده الدفاعية لحمايته من المرض . وبالتطعيم يمكننا منع الإصابة ببعض الأمراض كالطاعون وحمى التيفود والدفتريا وكثير غيرها . (وقد اكتشف حديثاً طعم سولك وسابن (Salk and Sabin) للوقاية من شلل الأطفال وطعم إندارز (Enders) للوقاية من الحصبة .

وثانى الوسائل الواردة فى القائمة هى الأمصال (Serums) أو مضادات السموم(Antitoxins) مثل مصل الدفتريا ومصل التيتانوس . وتحضر الأمصال بحقن بعض الحيوانات كالخيول مثلاً ، بجرعات متزايدة من التوكسين ، أى السم الذى تفرزه بعض أنواع البكتريا المسببة للأمراض . فتقوم دماء هذه الحيوانات بتكوين مضادات لهذه السموم تعمل على إبطال مفعولها . وتستنزف بعد ذلك دماء هذه الحيوانات ويفصل منها السائل «المصل» المحتوى على هذه المضادات السمية. فإذا ما حقن هذا المصل فى دم المريض ، ساعد الدم على إبطال مفعول ما به من توكسينات . وكانت الجراحة تستخدم كوسيلة ثالثة فى مكافحة البكتريا باستئصال الأجزاء المصابة فى بعض الحالات . أما الوسيلة الرابعة لمكافحة البكتريا فكانت استخدام بعض المطهرات ، (AntisePtics) كحمض الكربوليك ، التى تقتل البكتريا . ويقتصر استخدام المطهرات على حالات الاصابة الخارجية ، أى إصابة الأجزاء السطحية من الجسم ، ولا يمكن استخدامها لقتل البكتريا التى تصيب الأجزاء الداخلية لأنها فى هذه الحالة تقتل أيضاً أنسجة الجسم السليمة . وهناك طرق عامة أخرى لمحاربة البكتريا ، منها زيادة المناعة الطبيعية للمريض بتحسين تغذيته وإراحته ، ومنها أيضاً استخدام بعض العقاقير الطبية كالكينين والإميتين ذات الفاعلية ضد أنواع معينة من الجراثيم .

وعكف فلمنج ، طوال السنوات التالية ، على البحث بطريقة جدية عن وسائل جديدة لمحاربة البكتريا . ففى عام ١٩٢٢ وجد أن الدموع واللعاب تحتوى على مادة تسمى «الليزوزيم» قاتلة للبكتريا ، إلا أنه وجد للأسف أن أنواع البكتريا التى تقتلها هذه المادة ليست بالأنواع المقصودة ، وهى الأنواع المسببة للأمراض .

وفى عام ١٩٢٨ كان فلمنج مشغولاً بدراسة بكتريا الأستافيلوكوكاى (التى تتسبب أنواع منها فى إحداث البثور والكثير من الإلتهابات) لغرض خاص . فكان يقوم بتنمية مستعمرات من هذه البكتريا فى أطباق للتنمية (أطباق بترى) بها مادة مغذية شبه جلاتينية هى مادة الأجار، وكان من وقت لآخر يكشف الغطاء

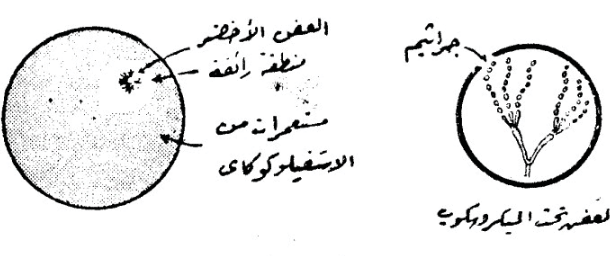
عن أحد الأطباق لفحصه تحت الميكروسكوب ، وفيما عدا ذلك فقد كانت الأطباق تترك كلها مغطاة .

وتصادف أن كان جو لندن فى صيف هذا العام (١٩٢٨) حاراً مشبعاً بالرطوبة . واستمر على حالته هذه حتى شهر سبتمبر . فكان جميع الأهالى يتركون نوافذهم مفتوحة على مصراعيها بغية الحصول على أى قدر ضئيل من النسيم . وفى يوم مشهود من أيام شهر سبتمبر من ذلك العام ، تركت نافذة معمل فلمنج مفتوحة هى الأخرى ، فتسربت منها على مايبدو ذرة من الغبار إلى داخل المعمل . وقد أدى دخول هذا الغبار إلى نصر يعتبر من أهم انتصارات العلم الحديث .

فبعد هذا الحادث بأيام قلائل وجد فلمنج أن عفناً أخضر مائلا للزرقة بدأ ينمو فى أحد الأطباق ، وأن مادة الأجار بهذا الطبق أصبحت مغطاة فعلا بالعفن . ولما كان فلمنج يعلم أن جراثيم العفن الدقيقة توجد سابحة فى الهواء الذى يحملها إلى كل مكان ، وأنها عندما تقع على فاكهة غير طازجة أو على الخبز فإنها تنمو بسرعة متناهية ـ كما نعلم جميعاً ـ مكونة العفن ، لذلك استنتج أنه لابد أن جرثومة نوع ما من العفن قد دفع بها الهواء إلى المعمل خلال النافذة المفتوحة ، وأن هذه الجرثومة قد استقرت على أجار هذا الطبق لحظة رفع الغطاء عنه لفحصه تحت الميكرسكوب .

وفى مثل هذه الحالة يسرع الكثير من الناس (ومن بينهم العلماء) إلى التخلص من هذه المزرعة التى أتلفها العفن ويقذفون بها بعيداً ويبدأون عمل مزرعة أخرى جديدة . أما فلمنج فإن شيئاً ما جعله يتردد . فقد كان حب الاستطلاع (وهو أحد جوانب التفكير عند العلماء) مستحوذاً عليه فدفعه إلى دراسة المزرعة . ولنتصور كم كانت دهشته عندما وجد أن المنطقة المحيطة بالعفن فى المزرعة أصبحت رائقة ولم يعد لها لون مستعمرات الاستافيلوكوكاى المائل للاصفرار ، مما يدعو إلى الظن بأن شيئاً ما بالعفن كان يعمل على إذابة البكتريا من حوله . وقد كتب فلمنج بعد ذلك يقول « من المدهش حقاً أن

مستعمرات بكتريا الاستافيلوكوكاى المحيطة بالعفن النامى كانت آخذة فى الانحلال من حول العفن وعلى بعد كبير منه ، وقد ملأتنى هـذه المشاهدة شغفاً فقررت مواصلة البحث » .



(شكل ٢)

ومنذ هذه اللحظة وجه فلمنج كامل مهارته فى البحث لمعرفة الكثير عن ذلك الغبار الدقيق الذى هب إلى داخل معمله . وكان من الضرورى أن يحصل فلمنج على عينة نقية من هذا العفن لكى يتمكن من دراسته بعناية أكثر . فأخذ بواسطة سلك دقيق من البلاتين بعضاً من خيوط العفن ووضعها على مادة جيلاتينية كان يعلم أن العفن يستطيع النمو عليها . وقد نما العفن بسرعة على الجيلاتين وظهرت المزرعة فى بادىء الأمر على هيئة كتل قطنية بيضاء ، ما لبثت أن تحولت إلى خضراء داكنة . وكان العفن ينمو بتكوين فروع تشبه الأقلام الرصاص فى الشكل ، فاستدل من ذلك على أن هذا العفن ينتسب إلى عائلة البنسليوم (Penicillium) — وهذا الاسم مشتق من نفس الأصل الذى اشتقت منه كلمة (Pencil) .

وكانت الخطوة التالية التى اتخذها فلمنج ، أنه أخذ فى تنمية العفن للحصول على المزيد منه ليستطيع اختبار تأثيره على مختلف أنواع البكتريا . فوجد أن العفن ، وبمعنى أصح العصير الناتج عنه ، لا يقتل بكتريا الاستافيلوكوكاى (التى قتلها فى طبق التنمية السابق ذكره) فحسب ، بل إنه قاتل قوى للكثير من

أنواع البكتريا الأخرى المسببة للأمراض . ثم أخذ فلمنج يختبر تأثير عصير العفن على البكتريا بعد تخفيفه فوجد أن جميع المحاليل المخففة ، حتى التى تصل درجة تخفيفها إلى ١/٨٠٠ من المحلول الأصلى ، تعمل جميعاً على إذابة البكتريا .

وعمد فلمنج بعد ذلك إلى معرفة ما إذا كانت جميع أنواع العفن تنتج تلك المادة للبكتريا ، بأن أجرى تجاربه على خمسة أنواع مختلفة من العفن ، وعلى ثمانية سلالات من عفن البنسليوم ، فوجد أن سلالة واحدة منها (التى يتبعها العفن الأصلى) هى الوحيدة الفعالة ضد البكتريا . وبعد أن تأكد فلمنج من أن لعصير هـذا النوع من العفن قوة قاتلة كبيرة لبعض أنواع البكتريا ، أخذ يستعد للاجابة على السؤال التالى : « هل قوة هذا العصير القاتلة شديدة البأس ؟ وهل استخدامه فى علاج المرض يضر بأجسامهم ؟». وللوصول إلى الاجابة على هذا السؤال قام بإضافة بعض من هذا العصير إلى عينة صغيرة من دم الانسان ، وظل يراقب الدم بفحصه تحت الميكرسكوب ليرى مدى تأثير العصير على الكرات البيضاء وإتلافه لها . ولكن الدقائق والساعات مرت دون أن يحدث العصير أى ضرر بالدم .

وعقب هـذه النتيجة قرر فلمنج تجربة تأثير العصير على الحيوانات الحية ، بأن حقن بعضاً من فئران وأرانب المعمل بمقدار من البكتريا ، ثم حقنها أيضاً بعصير عفنه ، فنجحت التجربة مرة أخرى . فقد تم قتل البكتريا ولم تظهر على الحيوانات أية أعراض مرضية .

وأخذ القلق والتوتر فى الازدياد يوماً بعد يوم ، وأصبح فلمنج مستعداً للقيام بأكبر وأهم تجاربه جميعاً ، ألا وهى تجربة تأثير عصير العفن على أحد المرضى . وقد كانت الظروف مواتية لقيامه بهذه التجربة ، لأن مساعده فى المعمل وهو ستيورت كرادوك (Stuart Craddock) كان يشكو من التهابات بأحد جيوبه الأنفية ، وأبدى لفلمنج استعداده لأن تجرى التجربة عليه .

وقد أحصى فلمنج ما بجيب مساعده من جراثيم ووجد به نحو ١٠٠ مستعمرة من الاستافيلو كوكاى بالإضافة إلى كثير من الجراثيم الأخرى . ثم قام بغسيل جيبه الأنفى بمحلول مخفف من عصير العفن وانتظر ثلاث ساعات وجد بعدها أنه لم يبق من المائة مستعمرة سوى مسمرة واحدة على قيد الحياة ، كما قل عدد الجراثيم الأخرى . هذا بالأضافة إلى أن استعمال العصير لم يحدث بمساعده كرادوك أى أثر سىء .

وقرر فلمنج عقب ذلك أن يطلق فى الحال على العصير إسماً ، واختار له إسم «البنسلين» بالنسبة لعفن البنسليوم الذى ينتجه . وفى يونيو عام ١٩٢٩ نشر فلمنج أول تقرير له عن البنسلين ، فلم يتحمس له الرأى العام إلا قليلاً ، بدلاً من استقباله بالترحاب الحماسى الذى كان يتوقعه فلمنج ، مما جعله يشعر بقنوط بالغ .

وقد كان لعدم اهتمام الرأى العام بتقرير فلمنج بعض المبررات ، من أهمها ولا شك عدم استطاعة الكيمائيين الذين كانوا يعملون مع فلمنج الحصول على عينة نقية من البنسلين الذى كان يختلط فى العصير بالكثير من المواد الأخرى التى قد تكون ضارة بالمرضى . وحال عدم الحصول على عينة نقية من البنسلين دون دراسته وقياس تأثيره بدقة . وكان آخر ما وصل إليه الكيمائيون هو تحويل العصير إلى شراب بنى اللون كثيف القوام يشبه إلى حد كبير (الشيكولاته) المنصهرة . وكانت درجة نقاوته تعادل نقاوة المحلول الأصلى خمسين مرة . وكان من الضرورى تنقية البنسلين تنقية تامة بتحويله إلى بلورات خالية من الشوائب الأخرى ، وذلك قبل البدء فى استعماله باطمئنان فى العلاج .

وكانت المشكلة الأخرى للبنسلين صعوبة استعماله إلى درجة بالغة . ومن أمثلة ذلك أن مادة البنسلين كانت تبدأ فى الاختفاء من الشراب بعد أسبوع من حفظه فى جهاز التبريد . هذا بالإضافة إلى أن عملية تنمية العفن الذى يستخرج منه

البنسلين كانت من العمليات الطويلة الشاقة . ولو لا مثابرة فلمنج وصبره فى البحث عن الكيمائى الذى يستطيع تنقيته ، لكان موضوع البنسلين قد دخل عالم النسيان خلال السنوات العشر التالية لاكتشافه .

وفى عام ١٩٣٨ حدث أن عثر عالمان بجامعة أكسفورد ، هما هارولد فلورى (١٨٩٨) ، وإرنست تشين (١٩٠٦) ، على تقرير «فلمنج» عن البنسلين ، وعقدا العزم على مواصله بحث الموضوع . فبدأ إرنست يبحث عن طريقة تمكنه من الحصول على البنسلين نقياً . واستطاع باستخدامه للطرق الحديثة وقتذاك أن يحصل على بعض من البنسلين فى درجة كبيرة من النقاء . فقد كان تأثير البنسلين الذى حصل عليه يعادل مليون مرة تأثير العصير الخام المستخرج من العفن الذى استخدمه « فلمنج » فى تجاربه السابقة .

وقد أعاد « فلورى » و « تشين » (Florey and Chain) الكثير من التجارب التى سبق أن أجراها فلمنج وحصلا على نفس النتائج الطيبة . ثم خطا هذان العالمان فى تجاربها خطوة أخرى أبعد مدى ، بأن حقنا خمسين فأراً بكميات ضخمة وقاتلة من البكتريا الحية . ولكى يتبينا تأثير البنسلين حقنا خمسة وعشرين منها بالبنسلين وتركا الخمسة والعشرين الأخرى دون معالجة بالبنسلين . وقد وصف « فلورى » مشاعره عند مشاهدته نتيجة التجربة فقال : « يجب أن أعترف بأن اللحظة التى شاهدنا فيها نتيجة التجربةفى الصباح كانت من أكثر اللحظات المثيرة . فقد وجدنا أن الفئران التى لم تعالج بالبنسلين قد ماتت عن آخرها بينما بقيت جميع الفئران التى عولجت به على قيد الحياة . وقد أجريت تجارب أخرى حقنت فيها أعداد أكثر من الفئران بأنواع أخرى من البكتريا ثم عولجت بالبنسلين . وقد أظهر البنسلين فى جميع هذه التجارب قدرته الخارقة على الشفاء .

وعندئذ أصبح « فلورى وتشين » على استعداد لتجربة هذا العقار على

المرضى . وكانت المشكلة الوحيدة هى مشكلة الحصول على القدر الكافى من البنسلين اللازم للعلاج. فقام هذان العالمان بزراعة العفن فى جميع الزجاجات على اختلاف أنواعها بعد ملئها ببيئة زراعية ، كما عمدا أيضاً إلى زراعة العفن فى صحون المستشفى ، ثم شرعا بعد ذلك فى العملية الطويلة وهى عملية استخلاص البنسلين وتنقيته .

وفى فبراير عام ١٩٤١ ، أى بعد مضى سنتين على بدء جمعهما للبنسلين ، كانت كل كمية بلورات البنسلين التى جمعاها لا تزيد عن ملء ملعقة شاى . ولما كانا على اعتقاد من أن محلولاً من هذا المسحوق لابد وأن يكفى لعلاج أحد المرضى ، فقد اختارا هذا المريض . وكان شرطياً شاباً من أكسفورد انتشر المرض فى جميع أنحاء جسمه نتيجة خدش « أصابه أثناء الحلاقة » دخلت منه الجراثيم ووصلت إلى مجرى الدم ، وعجز الأطباء عن إنقاذه ، وأصبح من المتوقع موته خلال بضعة أيام . وقد أدرك « فلورى » أن شفاء هذا الشرطى عن طريق البنسلين بعد أن فقد كل أمل فى إنقاذه سيكون أقوى دليل مقنع عن قيمة هذا العقار .

وبدىء فى علاج الشرطى ، فكانت تحقن فى أوردته جرعة من البنسلين مرة كل ثلاث ساعات ، واستطاع الشرطى بعد مضى اثنتى عشرة ساعة من العلاج أن يصاب قوامه ، كما تحسنت صحته فى اليوم التالى . وكان أن توقع أطباء المستشفى أن الشرطى سيشفى تماماً بعد أسبوع آخر من العلاج ، غير أن كمية البنسلين المحدودة كانت قد نفذت قبل انقضاء هذا الأسبوع ، فعاش المريض بعد نفاذها أياماً معدودة مات بعدها .

وبالرغم من شعور فلورى وتشين بالخيبة لعدم قدرتهما على إنقاذ حياة المريض ، إلا أنهما أدركا أن هذه التجربة — كاختبار للبنسلين — كانت تجربة ناجحة ، وأنه لو كان لديهما الكمية الكافية من البنسلين لأمكنهما إنقاذ حياة الرجل .

وقام « فلورى وتشين » بعد ذلك بجمع كمية أخرى من البنسلين وبدءا فى

علاج مريض آخر ، فتحسنت حالته أيضاً تحسناً مباشراً ، إلا أنه للمرة الثانية نفذت كمية البنسلين قبل أن يشفى المريض شفاء تاماً .

وفي مايو ١٩٤١ أمكن آخر الأمر إنقاذ حياة أحد المرضى بواسطة البنسلين. وكان هذا المريض رجلاً مسناً يبلغ من العمر ٨٤ عاماً ، وكان مصاباً إصابة بالغة «بالاستاف بكتريا» التي سببت له خراجاً كبيراً مؤلماً تحت الجلد . وقد شفى هذا المريض شفاء تاماً بعد أن عولج بالبنسلين لمدة سبعة أيام .

وقد أثبتت هذه التجارب أن للبنسلين تأثيراً كبيراً على البكتريا المسببة للأمراض . وظلت مشكلة الحصول على القدر الكافي من البنسلين قائمة . فقد كان البنسلين اللازم لعلاج مريض واحد في اليوم الواحد يستخرج من أربعين جالوناً من عصير العفن . لذلك قرر فلورى الاستعانة بخبراء الإنتاج الأمريكيين لمعاونته فسافر إلى الولايات المتحدة ، وهناك أعلن عن مشروعه،ودعا إليه،وتم له ما أراد . ففي غضون أشهر قلائل كانت مصلحة الزراعة ومستشفى مايو وجمعية الأبحاث الطبية وكبار منتجي الأدوية الأمريكيين – تعمل جميعاً على حل هذه المشكلة. فقاموا بإجراء التجارب على مختلف أنواع عفن المواد الغذائية مستخدمين في تربيتها مختلف أنواع الأوعية . كما حاولوا أيضاً استخراج مادة البنسلين من العصير بمختلف الوسائل مستخدمين في ذلك كل ما لديهم من حيل . وبالرغم من كل ذلك فقد أعلنوا بعد عام كامل من العمل أنهم لم يصيبوا أي نجاح يذكر .

وكانت الولايات المتحدة مشتركة في هذه الآونة في الحرب العالمية الثانية . فكانت هناك حاجة صارخة للبنسلين لتخفيف الآلام سواء في جبهات القتال أو داخل البلاد ، لأن كمية البنسلين المنتجة كانت أقل بكثير من الكميات المطلوبة منه للاستهلاك . وجاءت بعد ذلك الحلول السعيدة. فقد كان البنسلين المنتج يستخرج بأكمله من عينات من العفن تنسب كلها للعفن الأصلي الذى استخدمه فلمنج .

وذلك لأنه وجد أن السلالات الكثيرة المتنوعة الأخرى من العفن تقل فى إنتاجها للبنسلين عن العفن الأصلى . وقد حدث أن أستأجر معمل « بيوريا » ، بمصلحة الزراعة ، سيدة لتذهب لأسواق بيع الفاكهة فى « بيوريا » لتشترى له الفاكهة المصابة بالعفن . وهذا ما دعا إلى إطلاق إسم « مارى العفنة » على هذه السيدة . وذات يوم عثرت السيدة المذكورة على ثمرة شهد مصابة بطراز آخر من عفن البنسليوم ، وجد عند تنميته بالمعمل أن ما ينتجه من البنسلين يزيد بكثير عما ينتجه البنسليوم الأصلى .



(شكل ٣)

وكان معمل « بيوريا » قبل اشتراكه فى أبحاث البنسلين مشغولا بالبحث فى مشروعات رئيسية ، وكان أحد هذه المشروعات هو البحث عن كيفية الاستفادة من المحلول المتخلف عن صناعة دقيق القمح . وكانت إحدى اتجاهات التفكير فى هذا الموضوع تتضمن تخمير هذا السائل باستعمال عفن من عائلة البنسليوم يختلف عن العفن المعروف . ولذلك كان العثور على عفن الشهد مصادفة سعيدة يمكننا ولاشك أن نستنتج ما سوف تؤدى إليه من نتائج . فقد أثبت المحلول المتخلف عن صناعة دقيق القمح أنه وسط غذائى مثالى للعفن المذكور ، لأنه عند زراعته عليه ارتفع إنتاجه من البنسلين إلى ما يعادل إنتاجه الأول عشرين مرة . وبهذا يكون العلماء قد توصلوا إلى زيادة إنتاج البنسلين . ففى يناير

عام ١٩٤٣ أنتج منه أوقيتان ، وما إن حل شهر مايو من نفس العام حتى ارتفع إنتاجه إلى ٤ أوقيات ، وبلغ مقدار ما أنتج منه فى شهر سبتمبر رطلين كاملين .

ومنذ ذلك الحين وإنتاج البنسلين آخذ فى الارتفاع إلى عنان السماء . ففى عام ١٩٥٤ كانت الكمية التى تنتج منه شهرياً تزيد عن الألف رطل . وكانت الحالات المرضية التى يستخدم البنسلين فى علاجها تزداد بازدياد الكميات المنتجة منه . فقد كان يستخدم فى علاج أمراض متنوعة منها : السل والالتهاب السحائى والحمى القرمزية والدفتريا والتسمم الدموى . وفى عام ١٩٥٢ ارتفع عدد المعالجين بالبنسلين إلى واحد وثلاثين مليون شخص .

وبذا تكون قيمة البنسلين قد تأكدت ورسخت . ومع ذلك ظل العلماء يأملون التوصل إلى إحداث تغيير فى البنسلين ليصبح فعالاً ضد أنواع البكتريا المختلفة التى تقاوم مفعوله . وهداهم تفكيرهم إلى محاولة إنتاجه كيمائياً فى المعمل ، ليتمكنوا عندئذ من إحداث تغيير فى جزىء البنسلين ، لعلهم يستطيعون بهذه الطريقة زيادة قوة البنسلين كعقار .

شكل تمثيلى لتركيب بنسلين ج

يد - ايدروجين　　أ - أكسيجين　　كب - كبريت

ك - كربون　　ن - نتروجين

(شكل ٤)

وكانت الخطوة الأولى لهم فى هذا السبيل هى دراسة التركيب الكيميائى للبنسلين . وتوصلوا فعلاً إلى معرفة التركيب الكيميائى لبنسلين « ج » الشائع

الاستعمال ، ووجدوا أن تركيبه هو ($ك_{١٦}$ $يد_{١٨}$ $أ_{٤}$ $ن_{٢}$ كب)، وهذا معناه أن الجزىء الواحد من البنسلين يحتوى على ١٦ ذرة من الكربون ، ١٨ ذرة من الإيدروجين ، أربع ذرات من الأكسجين ، وذرتين من النتروجين، وذرة واحدة من الكبريت .

وفى عام ١٩٥٨ توصل الكيمائيون ، فى نفس الوقت الذى عرفوا فيه التركيب الكيميائى لجزىء البنسلين ، إلى طريقة يمكنهم بها وقف إنتاج العفن للبنسلين ، كما تمكنوا بعد ذلك من إنتاج أنواع من البنسلين لاوجود لها فى الطبيعة بإضافة مجموعة من الذرات المتغيرة إلى البنسلين الأساسى . ووجد أن هذه الأنواع المختلفة من البنسلين قادرة على محاربة الكثير من أنواع البكتريا الأخرى . وبدأ العلماء فى إجراء تجارب أخرى بغية الوصول إلى الإجابة على سؤال آخر وهو : كيف يقوم البنسلين بعمله ؟ أو بعبارة أخرى ما هى الطريقة التى يهاجم بها البنسلين البكتريا ؟ وقد توصل العلماء إلى الجزء الأول من الاجابة على السؤال عندما وجدوا أن البنسلين يعمل فقط ضد البكتريا النامية ، أما البكتريا غير النامية فلا تأثير له عليها . وقد لوحظ أن المادة التى تستخدمها البكتريا فى بناء جدارها تتراكم فى وجود البنسليوم بجوار البكتريا دون أن تستخدم فى إنماء بكتريا جديدة . وقد أعطت التجارب الأخرى التى أجريت على شكل البكتريا — بعد مهاجمة البنسلين لها — صورة واضحة عن كيفية قيام البنسلين بعمله .

فالبكتريا كما نعلم نباتات يتكون جسمها من خلية واحدة محاطة بجدار خلوى . وينحصر تأثير البنسلين على البكتريا فى منعه لها من تكوين هذا الجدار . وهذا يفسر سبب تراكم المادة البانية للجدار بجوار البكتريا بعد مهاجمة البنسلين لها دون أن تقوى على استعماله ، وتفقد بذلك البكتريا قدرتها على تكوين بكتريا جديدة . وطريقة عمل البنسلين السابق ذكرها تفسر أيضاً لماذا لا تتأثر أنسجة

جسم الإنسان بالبنسلين فى الوقت الذى يؤثر فيه البنسلين على البكتريا ، وسبب ذلك أن خلايا جسم الإنسان تختلف عن خلايا البكتريا فى أنها عديمة الجدار ، ويحاط السيتوبلازم فيها بحاجز سيتوبلازمى رقيق يعرف باسم الغشاء الخلوى ، وبذلك لا تتأثر خلايا الأنسجة الحيوانية من منع البنسلين للجدار من التكوين لسبب بسيط هو أنها فى غير حاجة إلى هذا الجدار .

وقد كان اكتشاف البنسلين نصراً هاماً للعلوم الطبية ، ليس فقط لما له من تأثير فعال على البكتريا ، ولكن لأنه يمثل أيضاً طريقة جديدة فى نوعها من طرق محاربة المرض . لأن البنسلين الناتج من كائن حى (هو العفن) قادر على قتل كائنات حية أخرى هى (الجراثيم) ، ولذا كانت التسمية المناسبة لهذه المادة هو أن يطلق عليها اسم «المضاد الحيوى» . وترجع هذه التسمية إلى عام ١٨٨٩ عندما استخدم العالم الفرنسى فلمان كلمة « مضاد حيوى » (Antibiosis) ليصف كائناً حياً يقتل كائناً حياً آخر . أما اليوم فتطلق هذه الكلمة على أية مادة ينتجها كائن حى (كالعفن مثلاً) وتستطيع قتل البكتريا المسببة للأمراض أو تمنعها من النمو .

وقد كان اكتشاف البنسلين ـ وهو أول مضاد حيوى عملى ـ نصراً حاسماً للعلم فى القرن العشرين . فالحادث الذى وقع فى معمل « فلمنج » والأعمال الباهرة التى تلته وقام بها عشرات من العلماء الآخرين قد أدت إلى إنتاج عقار فائق الإعجاز حقاً .

وما إن اعترف العالم بالبنسلين وانتشر استعماله فى شتى أنحاء الأرض حتى تنبأ البعض قائلاً « إن الإنسان بعد أن تسلح بالبنسلين سينتصر سريعاً فى الحرب القائمة بين العقاقير والجراثيم ». ولكن بالرغم من أن الجراثيم كانت تتساقط صرعى أمام البنسلين إلا أنها سرعان ما جمعت شملها وقامت بهجوم مضاد . ففى عام ١٩٤٨ أعلنت إحدى المستشفيات الأسترالية عن انتشار وباء ناتج عن جراثيم أصبحت

تقاوم فعل البنسلين ، بعد أن كان يؤثر عليها . فكيف تكونت هذه السلالات الجديدة من الجراثيم الصعبة التي لم يعد للبنسلين أى تأثير عليها ؟

والمعتقد الآن أن البنسلين هو الذى أنتج هذه السلالات من البكتريا الصعبة الشديدة المقاومة له ، وذلك أثناء عملية فتكه بالجراثيم . وكمثل لذلك ، فالبنسلين عند مهاجمته « لبكتريا الأستاف » مثلاً ، فإنه يفتك بسرعة بغالبية هذه البكتريا فيما عدا قلة منها لها من القوة ما يمكنها من مقاومة تأثير البنسلين ، كما أن لها القدرة على التكاثر دون منافس لتملأ الفراغ الذى تركته البكتريا الأضعف منها ، منتجة بذلك سلالة جديدة من البكتريا لا تتأثر هى الأخرى بالبنسلين .

وبذا يتكون فى مدى ساعة من الزمن جيل جديد من « بكتريا الأستاف » ، ويتكاثر هذا الجيل بسرعة ، ويبدأ فى تكوين مستعمرات جديدة من البكتريا المقاومة للبنسلين .

وقد ظهرت مع البنسلين مشكلات أخرى ، منها أن بعض الأشخاص يظهرون حساسية نحو البنسلين ، إذ ينتج عن تناولهم له شعورهم برد فعل مؤلم سيء الأثر . وعلاوة على ذلك فقد كانت هناك كثرة من الجراثيم ومن الأمراض التى لا يستطاع معالجتها بالبنسلين . ولذلك استمر البحث عن مضادات حيوية جديدة أكثر فاعلية . وفى السنوات القليلة الماضية أضيفت إلى قائمة المضادات الحيوية مضادات أخرى مثل الاستربتوميسين ، السكلوروميسين ، الأوريوميسين ، والتراميسين ، وكثير غيرها . وتوجد الآن أنواع عدة من المضادات الحيوية ، منها ما له القدرة على مهاجمة الجراثيم التى تصمد أمام المضادات الحيوية القديمة ، ومنها المضادات التى لا تحدث عند استعمالها أية حساسية ، ومنها ما يمكن تناوله عن طريق الفم بالإضافة إلى طريقة الحقن . وهناك أيضاً المضادات الحيوية التى تجهز فى المعامل لتفى بغرض معين ، كما أن هناك مضادات حيوية مركبة تؤثر على مدى واسع

فى مجموعة كبيرة من الجراثيم ، ومضادات حيوية المراس تقضى على الجراثيم التى تقاوم المضادات الحيوية الأقدم منها .

وعندما تم التعرف على البنسلين وتأثيره ، ساد الاعتقاد بأننا قد استحوزنا على مايمكننا من الانتصار فى حربنا ضد الجراثيم المسببة للأمراض ، إلا أن الجراثيم قداستردت قدرتها إلى حد ماوبدأت تقاوم . ونحن الآن بعد أن تصدينا للعدو وتعرفنا على صفاته قادرون على مواصلة محاربته حتى النصر .

الفصل الثاني

الكيمائيات الشافية

في أوائل القرن الحالي كان منظر معامل الأبحاث الطبية بألمانيا يستحق المشاهدة . فقد كانت السوائل الملونة الفاقعة تملأ كل ما بها من أنابيب أختبار وكؤوس ، كما كانت تلطخ معاطف المعامل التي يرتديها العلماء . وحتى أيدى العلماء والمفكرات التي يدونون فيها ملاحظاتهم كانت هي الأخرى ملطخة بالعديد من الألوان .

ولم يكن انتشار الألوان في معامل المانيا بأسرها مجرد صدفة . وإنما كان سببه أن مصانع الصبغات والكيمائيات الكبرى التي كانت تديرها مؤسسة « ى . ج . فاربن »، المالكة أكبر مصانع بألمانيا ، كانت تشجع الأبحاث « على اختلاف ألوانها » للوصول إلى أوجه استغلال جديدة لمنتجاتها .

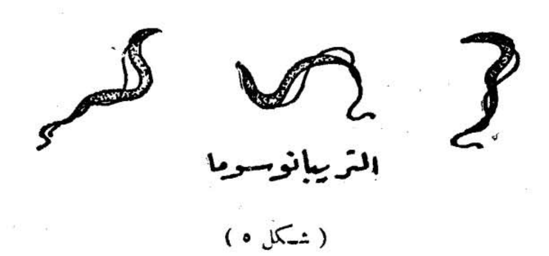
وكان « بول إرليش » Paul Ehrlich (١٨٥٤ — ١٩١٥) ، الطالب بمدرسة الطب في ذلك الوقت، مغرماً بالأصباغ . وكان أساتذته يهزون رؤوسهم أسفاً عندما كانوا يرونه منصرفاً عن التشريح ودراسة أجزاء الجسم ، عاكفاً على عمل قطاعات في الأنسجة وصبغها ودراستها وفحصها تحت الميكروسكوب . فمن أي فئة من الأطباء سيصبح هذا الشاب المنصرف كلية إلى المواد الملونة والأصباغ بحيث لا يجد وقتاً لمذاكرة قوائم الأمراض والعقاقير الطويلة التي يتحتم على الأطباء معرفتها ؟

وقد أصبح هذا الشاب بعد شيء كثير من المشقة طبيباً ، ولازمه حبه الأول للأصباغ، وبالأخص تأثيرها على أنسجة الحيوان والإنسان . وفي إحدي تجاربه الشهيرة إلى الآن ، حقن إرليش فأراً حياً ببعض من صبغ الميثيلين الأزرق ، ثم شرحه بعد ذلك ، فوجد أن الأجزاء الوحيدة من جسم الفأر التي تأثرت

بالصبغ كانت نهايات أعصابه التى تلونت باللون الأزرق للصبغ . فأخذ إرليش يتساءل عن سبب تلون الأعصاب فقط وعدم تلون العضلات أو العظام مثلاً . وأرجع ذلك إلى وجود نوع من الجاذبية بين الصبغ والأعصاب .

ولما كان حب الاستطلاع فى العلم لا حد له ، فقد رأى إرليش أنه ربما يمكنه العثور على صبغ ينجذب نحو الجراثيم ، وقد يستطيع بعد ذلك إحلال أحد العقاقير محل الصبغ فيتمكن بذلك من قتل الجراثيم المسببة للأمراض . وكان إرليش ، على حد قوله ، يهدف بتفكيره هذا إلى قتل الجراثيم « بقذائف سحرية تصيب فقط الأهداف التى صنعت خصيصاً من أجلها » .

وابتدأ إرليش فى العمل ، واختار الهدف ، وكان نوعاً من التريبانوسوما . والتريبانوسوما من البروتوزوا (أى الحيوانات وحيدة الخلية) المسببة للأمراض، وتعتبر من الميكروبات المميتة ، ويسبب أحد أنواعها مرض النوم الإفريقى . وهذا المرض الذى يتسبب فى موت آلاف من الإفريقيين كل عام ، تقوم بنقله وانتشاره ذبابة « تسى تسى » . وفى المرحلة الأولى من هذا المرض ترتفع درجة حرارة المريض كما تزيد سرعة نبضه . ويلى ذلك أن يجد المريض صعوبة فى المشى ، كما أن نقطه يصبح بطيئاً للغاية ، وأخيراً يفقد المريض القدرة على الحركة ويظل نائماً . وقد اشتق اسم المرض من أعراض هذه المرحلة الأخيرة . وينتهى الأمر بالمريض فى كل حالة إلى الموت . أما أنواع التريبانوسوما الأخرى فتصيب الخيول والماشية بأمراض متنوعة .



التريبانوسوما

(شكل ٥)

وبعد أن اختار إرليش التريبانوسوما كهدف له ، بدأ هو ومعاونوه مهمتهم الطويلة ، فكانوا يقومون باختيار الأصباغ الكيمائية قديمها وحديثها بغية العثور على صبغ يصبغ التريبانوسوما وقد يستطيع قتلها . وفى النهاية عثروا عام ١٩٠٤ على الصبغ وهو « التريبان الأحمر » (Trypan Red) ، الذى جرب بنجاح فى قتل التريبانوسوما فى فئران المعمل . ولكنه لم يكن له تأثير على التريبانوسوما فى أنابيب الاختبار ، كما أنه لم يجد فى شفاء الجياد المصابة بها ، فكان بهذا أبعد ما يمكن على أن يكون عقاراً علمياً نافعاً . ومع ذلك فقد كان اكتشافه خطوة مشجعة فى طريق محاربة الأمراض بالمواد الكيمائية .

وحدث أن قرأ « إرليش » عن تجارب تم فيها قتل التريبانوسوما بعقار يعرف باسم أتوكسيل (Atoxyl) ، وهو مركب كيميائى يحتوى على الزرنيخ ، وهو السم المختار الذى يستعمله القتلة . غير أن الأتوكسيل هذا ، كان لا يقتل التريبانوسوما فحسب ، بل كان أيضاً يصيب الحيوان المعالج بالعمى . وقرر إرليش أن يستخدم الأتوكسيل فى تجاربه بعد أن يغير من تركيب جزيئه بحيث يصبح قاتلاً للتريبانوسوما دون أن يحدث بالحيوان المعالج أى نتائج سيئة .

وعكف إرليش طوال السنوات التالية على تغيير جزىء الأتوكسيل بإحداث تغيير فى ترتيب الذرات أو بإضافة ذرات أو نزعها أو إبدال ذرات بأخرى . وقد قام بتجربة ما يزيد عن ٦٠٠ نوع من الجزيئات المختلفة المشتقة كلها من الجزىء الأصلى . وكان إرليش مضطراً فى كل حالة أن يصل أولاً وقبل بدء التجربة إلى معرفة القدر اللازم من المادة الجديدة لقتل الميكروبات ، ثم معرفة مقدار ما يعطى منه للحيوان المعالج حتى لا يحدث به أى ضرر . وقد أثرت أكثر أنواع الأتوكسيل على الفئران عند حقنها بها بأن جعلتها ترقص بلا توقف . وما كان أغرب منظر المعمل حينئذ وبه تلك الأعداد الكثيرة من الفئران وهى ترقص بجنون داخل أقفاصها !

وكان من المحتم فى هذه التجارب التضحية بالآلاف من الفئران والخنازير

الهندية المستخدمة فى التجارب . وأخيراً ، فى عام ١٩٠٩ ، كان « إرليش » يجرب العقار رقم ٦٠٦ ، ووجد فيه أخيراً تركيباً كيمائياً ظهر أنه يحقق الغرض المطلوب . فقد قام بقتل التريبانوسوما فى الفئران والجياد ، دون أن تصاب الحيوانات المعالجة بالعمى أو بمرض الرقص .

وكان إرليش على يقين بأن العقار ٦٠٦ كان لا يزال فى حاجة إلى المزيد من التجريب ، إلا أنه توقف عن استمرار البحث فى هذا الاتجاه . ذلك أنه كان قد قرأ لتوه تقريراً عن أن المرض الذى لا يصيب غير الإنسان ، وهو مرض الزهرى (Syphilis) ، يسببه ميكروب ينتمى إلى التريبانوسوما . والزهرى مرض جنسى كان يؤدى بالكثير من الضحايا ، وكانت أعراضه الأولى عبارة عن قرح تظهر فى أماكن مختلفة من جسم المريض ، وكان يعقب ظهورها إصابة المريض بالجنون والعمى وأمراض القلب ، وكان المرض ينتهى أحياناً بوفاة المريض . وعندئذ أخذ إرليش يسائل نفسه التساؤل الكبير وهو : هل يمكن شفاء الزهرى عن طريق العقار ٦٠٦ ؟

عندئذ كان لزاماً عليه أن يرجع إلى معمله ليجرب تأثير هذا العقار على الزهرى . واضطر إرليش إلى إجراء تجاربه على الأرانب أولاً — لأن هذا المرض لا يصيب جميع الحيوانات — فوجد بعد استعمال العقار ٦٠٦ أن القروح قد اختفت بعد ثلاثة أسابيع . ثم أجرى تجارب أخرى على الشمبانزى حصل فيها على نفس النتائج الطيبة . فتبين عندئذ أن العقار ٦٠٦ له تأثير على الزهرى . وعندئذ أخذ إرليش يستعد لتجربة هذا العقار على الآدميين . فأرسل بعينات منه إلى الأطباء وإلى المستشفيات . وما إن حل شهر أبريل حتى وصلته التقارير الأولى ، التى تفيد بأن العقار ٦٠٦ يشفى مرض الزهرى إذا استعمل فى المرحلة « المبكرة » من المرض .

وبذلك ، يكون إرليش قد حقق حلمه ، وحصل على «قذيفة سحرية» لمحاربة

الزهرى . وقد أطلق على العقار المذكور إسم سلفرسان (أى العقار المنقذ بفعل الزرنيخ) . وكان يعرف كيميائياً باسم ثانى أكسى - ثانى أميدو - زرنيخات البنزول (di-oxy-di-amido-orseno-benzol) . إلا أن الغالبية العظمى من الناس لا تزال تعرفه باسم العقار ٦٠٦ . ومهما اختلفت تسميته ، فقد جعل هذا العقار العلاج الكيميائى (أى علاج الأمراض بالكيميائيات) حقيقةواقعة.

وقد شجع نجاح هذا العقار كثيراً من العلماء الآخرين على الاهتمامبالعلاج الكيميائى . وقد قامت مصانع « ى . ج . فاربن » بجهود كبيرة للبحث عن كيميائيات أخرى قاتلة للجراثيم . فقامت معاملهم باختبار تأثير المواد الكيميائية الواحدة تلو الأخرى على الجراثيم داخل أنابيب الاختبار . وكانت المادة التى تنجح فى قتل الجراثيم فى أنابيب الاختبار ، تحقن فى حيوانات التجارب التىسبق إصابتها عن قصد بعدوى هذه الجراثيم ، فكانت المواد فى كل حالة تقتل الجراثيم كما تقتل فى الوقت نفسه حيوانات التجارب .

وفى عام١٩٣٠ أى بعدانقضاء نيف وعشرين عاماً علىمواظبة مصانع « ى. ج. فاربن » على البحث ، دون أن تصيب أى نجاح ، كان « جرهارد دوماك » Gerhard Domagk (١٨٩٥ — ١٩٦٤) قد واتته فكرة تبدو لنا الآن بالغة الوضوح . وكان من رأىدوماك أنه طالما أن الغرضمنالمادة الكيمائية التىيجرى البحث عنها هو قتل الجراثيم داخل أجسام الكائنات الحية ، فإن اختبارها يجب أن يبدأ على حيوان حى ، بدلاً من أنبوبة الاختبار .

وبدأ دوماك العمل بأن قام بإعادة تجربة جميع الكيميائيات ، التى أبدت فاعلية طفيفة على الجراثيم فىأنابيب الاختبار ، على فئران الأبحاث المصابة « بكتريا الإستربتوكوكاى » Streptococci Bacteria (وهى بكتريا قاتلة تسبب أمراضاً بشرية كتسمم الدم والحمى القرمزية وحمى النفاس) . وكانت الجرعة التى تعطى للفأر من الشدة بحيث تكفى لقتله فى بحر خمسة أيام . فإذا بقى الفأر علىقيدالحياة،

بعد انقضاء الأيام الخمسة ، كانت تجرى على المادة الكيمائية اختبارات أخرى . ويمكننا أن ندرك كم كانت هذه التجارب تستغرق من الوقت الطويل ، لأن الاختبار كان يتناول جميع المواد الكيمائية الواحدة بعد الأخرى . وكان أن فشل البحث عن مادة كيميائية تستطيع قتل هذه البكتريا ، تلاه فشل عقب فشل .

وأخيراً ، وبعد مضى مدة طويلة ، أجرى الاختبار على صبغ يعرف باسم « البرونتوزيل الأحمر » (Prontosil red) ، فنجح فى شفاء الفئران المصابة بالبكتريا ، ولم يسبب للفئران أى آثار ضارة . فهل كان «البرونتوزيل» هو المادة التى يبحث « دوماك » عنها ؟ لقد أطلق عليها دوماك إسم « برونتوزيل » كما قام بتسجيلها فى هدوء يوم عيد الميلاد من عام ١٩٣٢ . وكان وصفه لها عند التسجيل فى منتهى البساطة إذ سجلها تحت إسم « قاتل الجراثيم » .

وقد تمت تجربة البرونتوزيل على الإنسان فى وقت مبكر جداً عما كان دوماك يرغب فيه . فقد حدث أن أصيبت كريمته بعدوى بكتيرية حادة جداً نتيجة لخدش إبرة دخلت منه البكتريا إلى الدم ، وانتشرت الإصابة فى جميع أجزاء جسمها . وقد حاول الأطباء علاجها بشتى الطرق حتى الجراحة ، إلا أن محاولاتهم باءت كلها بالفشل ، وتحرجت حالة المريضة مما جعل دوماك فى حيرة كبيرة من أمره لا يدرى ماذا يفعل . وقد شاء سوء الحظ ألا يترك له متسعاً من الوقت لتجربة البرونتوزيل على الإنسان ، وكانت كريمته ترقد أمامه على الفراش فى طريقها إلى الموت ، فكان لزاماً عليه أن يعمل بسرعة . هل يجرب البرونتوزيل للمرة الأولى على كريمته ؟ إنه كان متأكداً من أن البرونتوزيل سيقتل الاستربتو بكتريا حتماً ، ولكن أليس من الجائز أن يقتل كريمته أيضاً ؟

واستقر رأى دوماك على استعمال البرونتوزيل . وما أشد قسوة الألم الذى عاناه دوماك وهو ينتظر ساعة بعد أخرى ليرى أثر العقار على كريمته . وظهرت النتيجة آخر الأمر ، إذ بدأت حالة كريمته فى التحسن ، وبذا يكون البرونتوزيل

قد قام بتطهير العدوى التي لم تقو العقاقير الأخرى على تطهيرها . وكان أهم ما في الأمر أنه لم يحدث للمريضة أي أثر سيء . وبهذا يكون البرونتوزيل قد اجتاز بنجاح أول تجربة له على الإنسان .

واستمرت الأبحاث تجرى على البرونتوزيل طوال ثلاثة أعوام ، ثم أعلن عنه بعد ذلك . فقد كان من الضروري اختباره ، لا على مريض واحد أو اثنين بل على مئات المرضى ، وأن تقارن حالة المرضى المعالجين به بحالات عدد مماثل من مرضى آخرين مصابين بنفس المرض ولم يتم علاجهم بالبرونتوزيل . وأخيراً ظهر أول إعلان علني عنه في فبراير عام ١٩٣٥ . وأصدرت مصانع «ى . ج . فاربن» في ذلك الوقت عدة تقارير مستقاة من تسجيلات دقيقة لحالات الشفاء التي تمت عن طريق البرونتوزيل . ولما أخذ بيع العقار ينتشر في أرجاء العالم ويعم ، أخذت التقارير التي تنشر عن البرونتوزيل وما يحدثه من نتائج مذهلة في الازدياد يوماً بعد يوم . فقد ورد في تقرير أصدره أحد مستشفيات لندن أن حالات الوفاة الناتجة عن تسمم الدم قد هبطت نسبتها بعد استعمال البرونتوزيل من ٧٥ في المائة إلى ٥ في المائة . وذكر في بلتيمور أنه استعمل في علاج طفلة كانت تعاني سكرات الموت وكانت حرارة الحمى قد وصلت إلى ١٠٦ درجة (١ر٤١° مئوية) . وقد تمكن البرونتوزيل من شفاء العدوى في ظرف ٣٦ ساعة هبطت بعدها الحرارة إلى معدلها الطبيعي . وكان لرئيس الولايات المتحدة الأمريكية الأسبق روزفلت ابن إسمه « فرانكلين ديلانو روزفلت » أصيب أحد جيوبه الأنفية ببكتريا الاستربتوكوكاي . وحدث أن انتشر هذا الميكروب في جميع أجزاء جسمه ، وأصبحت حالته المرضية شديدة الحرج، ولكنه شفي بعد أن عولج بالبرونتوزيل.

وأراد بعض العلماء بمعهد باستير بباريس ـ وقد أدهشتهم النتائج التي تمت عن طريق البرونتوزيل ـ أن يعرفوا سر شفاء البرونتوزيل للأمراض ، والطريقة التي يتم بها الشفاء . لذلك قاموا بدراسة تركيبه الكيميائي المعقد ، ووجدوا أن

جانباً من تركيبه عبارة عن مركب بسيط إلى حد ما — يسمى « السلفانامبد » وهو مركب معروف منذ عام ١٩٠٨ . وكان السلفاناميد هذا هو الجزء الفعال ضد البكتريا ، أما بقية البرونتوزيل فلم يكن لها أى دور فى محاربة الجراثيم .

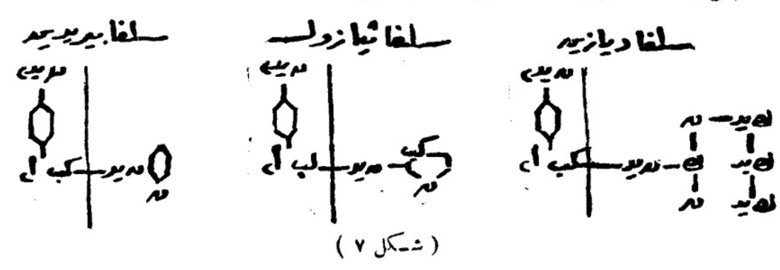
أما الكيفية التى يعمل بها «السلفاناميد» فقد ظلت لغزاً كان لزاماً على العلماء أن يزيحوا الستار عنه . وقد وجد فيما بعد أن إضافة حمض « باراأمينوبنزويك » (Para — amino—benzoic acid) إلى السلفاناميد يقلل من تأثيرها على البكتريا . ووجد العلماء فى هذه الظاهرة مفتاحاً قيماً لحل اللغز ، وكان ذلك يرجع إلى حقيقتين معروفتين عن الحمض المذكور . أولهما أن وجوده ضرورى للبكتريا لأنه يساعدها على تكوين حمض الفوليك (Folic acid) الذى بدونه لا تتمكن البكتريا من النمو والتكاثر . والحقيقة الثانية هى أن التركيب الكيميائى لحمض بارا — أمينو — بنزويك يماثل إلى حد كبير جداً تركيب السلفاناميد . فهل يمكننا بعد سرد الحقائق السابقة أن نستنتج الطريقة التى تقوم بها السلفا فى عملها؟ وهل يمكن للقارىء أن يحزر لماذا تؤدى إضافة حمض البارا— أمينو — بنزويك إلى السلفا ، إلى وقف تأثيرها على الجراثيم ؟ إن تفسير ذلك فى غاية البساطة ، فالبكتريا تحتاج لكى تنمو وتتكاثر إلى حمض بارا — أمينو — بنزويك كما سبق أن قلنا لأنه يمكنها من تكوين حمض الفوليك ، وهو المادة الضرورية لقيام البكتريا بوظائفها الحيوية . ولما كان التركيب الكيميائى للحمض المذكور يشبه تركيب السلفا ، فإن البكتريا تتناول السلفاناميد عن طريق الخطأ . وعندئذ

(شكل ٦)

لا يمكنها أن تكون حمض الفوليك فتفقد هذه البكتريا مقدرتها على النمو ويتمكن جسم المريض من التخلص منها بسرعة .

فإذا حدث ووجدت البكتريا أمامها مصادفة كلتا المادتين ، الحمض والسلفا ، فإن البعض منها يتناول الحمض بطريقة عشوائية محضة ، ويستمر فى نموه وتكاثره. أما البكتريا التى تتناول السلفاناميد فإنها تفقد قدرتها على النمو وتهلك ، بعكس تلك التى تناولت الحمض ، فتظل فى حالة جيدة وتقوم بتكوين بكتريا جديدة كافية لأن تحل محل البكتريا التى ماتت .

والسلفاناميد غير ضار بالإنسان ، ويرجع ذلك إلى الطريقة التى تعمل بها أجسامنا . فجسمنا يحتاج لحمض الفوليك للاحتفاظ بحيويته ، ولكنه لا يستطيع تكوينه ، ويتحتم عليه الحصول على هذا الحمض مجهزاً من الأغذية التى يتناولها . ومن ذلك يتضح أن جسمنا لا يبدى أى اهتمام بأى من هاتين المادتين ، حمض البارا — أمينو — بنزويك والسلفاناميد التى تشبهه فى التركيب ، أما البكتريا فهى وحدها التى يخدعها ما بين المادتين من شبه .



(شكل ٧)

وقد أنتجت فيما بعد عقاقير سلفا أخرى ، مثل السلفا بيريدين، والسلفاثيازول والسلفا ديازين،وغيرها، وذلك بإضافة ذرات مختلفة إلى جزىء السلفاناميد.ولهذه العقاقير المعدلة تأثير أشد من تأثير السلفاناميد . فهى تستطيع مهاجمة جراثيم أخرى لا تؤثر فيها السلفاناميد . هذا فضلاً عن أن استعمالها لا يحدث أمثال تلك المضاعفات الضارة التى يحدثها استعمال السلفاناميد عند بعض الأفراد .

وبذا يكون القرن العشرون قد شاهد انتصارين رئيسيين للإنسان فى محاربته للأمراض . أحدهما هو العلاج الكيميائى — أى محاربة الجراثيم المسببة للمرض باستعمال المواد الكيميائية مثل عقاقير السلفا المختلفة التى توصل الانسان إلى إنتاجها . وثانى الانتصارين هو المضادات الحيوية — أى محاربة الجراثيم المسببة للأمراض بمواد تنتجها بعض الأحياء ، ومن أمثلة هذه المواد البنسلين والأوريوميسين وغيرهما . وبهذين الانتصارين تم القضاء على الكثير من الأمراض كما أمكن علاج وشفاء الملايين من حالات المرض الخطيرة .

وبذا يكون القرن العشرون قد شاهد انتصارين رئيسيين للإنسان فى محاربته للأمراض . أحدهما هو العلاج الكيميائى — أى محاربة الجراثيم المسببة للمرض باستعمال المواد الكيميائية مثل عقاقير السلفا المختلفة التى توصل الانسان إلى إنتاجها . وثانى الانتصارين هو المضادات الحيوية — أى محاربة الجراثيم المسببة للأمراض بمـــواد تنتجها بعض الأحياء ، ومن أمثلة هذه المواد البنسلين والأوريوميسين وغيرها . وبهذين الانتصارين تم القضاء على الكثير من الأمراض كما أمكن علاج وشفاء الملايين من حالات المرض الخطيرة .

الفصل الثالث

الفيتامينات

كان « تاكاجى كانهيرو » (Takagi Kanehiro) قائداً عاماً للأسطول اليابانى فى السنوات التالية لعام ١٨٨٠ ، وكان من عادته الذهاب إلى الموانى، لاستقبال السفن العائدة من رحلات بحرية طويلة . فكان المنظر الذى يشاهده فى كل مرة واحداً لا يتغير . إذ كان يبدأ بتدافع البحارة وتزاحمهم عند نزولهم من السفينة إلى البر ، ويتلو ذلك نزول صف طويل من بحارة يسيرون ببطء وبحالة مرضية غريبة ، وينتهى المنظر بنزول عدد من البحارة المصابين بالشلل محمولين على الأكتاف ، وهكذا كانت كل رحلة بحرية تنتهى برجوع واحد من كل ثلاثة من البحارة إلى وطنه إما مريضاً أو فى طريقه إلى الموت .

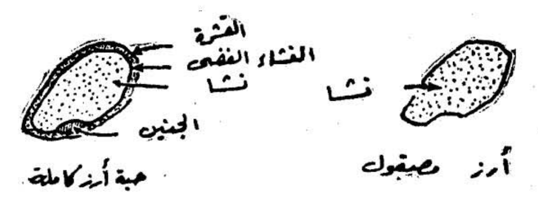
ولم يكن « تاكاجى » من رجال العلم ، ولم يكن لديه أدنى فكرة عن سبب إصابة البحارة بالمرض ، وكان كل ما يعلمه هو أن هؤلاء البحارة كانوا ضحية لمرض « البرى برى » وهو أحد الأمراض التى تصيب الجهاز العصبى والذى يودى بحياة ملايين من سكان الشرق الأقصى كل عام . وكان من يصاب بهذا المرض يلاقى فى بادىء الأمر صعوبة فى الحركة والمشى ، ثم يوانيه عقب ذلك الشلل أو الموت .

وبدأ « تاكاجى » يبحث عن وسيلة لحماية بحارته من الإصابة بهذ المرض ، فوجد أنه إذا تناول البحارة الشعير بالإضافة إلى طعامهم العادى من الأرز ، فإن عدد المصابين بالمرض يهبط هبوطاً كبيراً . وعندئذ أصدر أمراً إلى جميع السفن بأن تحمل من الشعير القدر اللازم منه لإطعام البحارة ، مع أنه لم يكن على علم بماهية تأثير الشعير على هذا المرض .

وقد كان لهذا الاكتشاف العظيم الأثر الفضل فى دفع العلماء إلى دراسة

المرض دراسة دقيقة . ومع ذلك ظل « البرى برى » مرضاً قاتلاً خطيراً يهدد الشرق الأقصى . وكان لا بد وأن تمضى خمسون سنة أخرى قبل أن يتوصل العلماء إلى طريقة لمكافحته ، تم خلالها إجراء سلسلة من التجارب البارعة . وعندئذ لم يتوصل العلماء إلى معرفة سبب المرض وكيفية علاجه فحسب ، ولكنهم حصلوا أيضاً على أول معلومات عن الفيتامينات وعن الدور الذى تلعبه فى جسم الإنسان .

وقد قامت الحكومة الهولندية فى أواخر القرن الماضى وأوائل القرن الحالى بإرسال بعثة طبية إلى جزر الهند الشرقية الهولندية للحصول على معلومات أكثر عن « البرى برى » . وأمضت البعثة زهاء عامين كاملين وهى تبحث دون جدوى عن الجرثومة أو الميكروب المسبب للمرض . غير أن أحد أطباء البعثة ، وهو « كريستيان إيجكمان » Christian Eijkman (١٨٥٨ — ١٩٣٠)، لاحظ ظاهرة لها قيمتها .



(شكل رقم ٨)

فقد لفتت نظره ظاهرة خاصة كانت تصيب الكتاكيت التى تربى فى ساحة أحد السجون الوطنية فى جاوة ، حيث كان يقوم بدراسة حالة المسجونين الصحية والغذائية . فقد كانت تلك الكتاكيت تتحرك بطريقة عجيبة . فكانت تجر أرجلها زاحفة بها على الأرض ورؤوسها مطأطأة بشكل خاص أعاد إلى ذاكرة « إيجكمان » تلك الأعراض التى كانت تبدو على ضحايا « البرى برى » . فهل كانت هذه الكتاكيت مصابة بنوع من البرى برى ؟ فإن صح ذلك فلِمَ كانت الإصابة قاصرة على كتاكيت السجن ، بينما يندر أن يصيب المرض الكتاكيت الأخرى خارج السجن ؟

وقد أثارت هذه الظاهرة دهشة «إيجكمان». فأخذ يدرس نوع الغذاء الذى تتناوله هذه الكتاكيت، فوجد أنها تقتات على ما يتبقى من وجبات المسجونين. وكان الغذاء الرئيسى فى هذه الوجبات — وفى وجبات جميع أهالى آسيا — هو الأرز المصقول. وكان من الضرورى صقل الأرز لأن حبوبه إذا تركت كاملة يعتريها بسرعة نوع من الحموضة. ويتم صقل الأرز بضربه وتبييضه — فتنزع القشور المحيطة بالحبوب ومعها السكيوتيكل أى الغشاء الداخلى للحبة المعروف باسم الغشاء الفضى. أما الكتاكيت الأخرى الموجودة خارج السجن، فقد كان غذاؤها أكثر تنوعاً، إذ كانت تتناول فى غذائها الحبوب والحشرات وبقايا الأطعمة.

وعندئذ أخذ إيجكمان يشك فى أن الأرز المصقول كان مفتاحاً هاماً لحل غموض سبب الإصابة بمرض البرى برى. ولذلك قام بإجراء تجارب لإثبات صحة نظريته. فانتقى بعضاً من الكتاكيت السليمة وقسمها إلى ثلاث مجموعات. وقام بإطعام المجموعة الأولى بحبوب الأرز الكاملة أى المحتفظة بقشرتها الخارجية وغشائها الفضى. وقدم للمجموعة الثانية حبوب الأرز بعد نزع قشورها الخارجية فقط. أما المجموعة الثالثة فكان يطعمها بالأرز المصقول أى المنزوع منه القشرة الخارجية ومعها الغشاء الفضى. وبعد مضى أيام قليلة وجد أن كتاكيت المجموعتين الأولى والثانية ظلت سليمة، بينما ظهرت على غالبية كتاكيت المجموعة الثالثة أعراض مرض البرى برى.

وعندئذ اتجه تفكير إيجكمان إلى الشك فى أن صقل الأرز من أسباب الإصابة بمرض « البرى برى ». ودفعه ذلك إلى أن يخطو فى تجاربه خطوة أخرى. فقام بتغذية كتاكيت المجموعة الثالثة المريضة بالقشور الخارجية والأغشية الفضية المنزوعة، وإذا بهذه الكتاكيت تشفى فى غضون ساعات قليلة!

ومن السهل علينا، بالرجوع إلى تجارب إيجكمان، أن نجد تفسيراً مضبوطاً لما حدث. فالأغلفة الفضية لحبوب الأرز تحتوى على الثيامين، أو فيتامين ب.

وعند صقل الأرز تنزع منه هذه الأغلفة ويترتب على خلو الطعام من الفيتامين الإصابة بمرض البرى برى . بدليل أن إيجكمان عندما غذى الكتاكيت المصابة بقشور الأرز والأغشية الفضية حصلت الكتاكيت المريضة على الثيامين وأدى ذلك إلى شفائها .

غير أن « إيجكمان » عندما كان يجرى تجاربه هذه منذ ٧٠ سنة مضت لم يكن يدرى شيئاً عما يعتبر الآن من المعلومات العامة . لذلك كان الاستنتاج الآتى، الذى استوحاه من تجاربه القيمة استنتاجاً خاطئاً . فقد جاء فى تقريره « أستنتج من هذه التجارب أن قشور حبوب الأرز قد تحتوى على مادة أو عدة مواد تعمل على معادلة الأثر السيء الناتج عن الأغذية النشوية » . وبعبارة أخرى نجد أنه كان يعتقد أن بالأرز شيئاً ما يحدث مرض البرى برى . كما كان يعتقد أيضاً فى وجود شيء آخر فى قشور الأرز أو أغلفته الفضية يعمل على منع الإصابة بالبرى برى أو يؤدى إلى الشفاء منه . ومن ذلك يتضح لنا أن إيجكمان كان قريباً جداً من الفيتامينات ، ولكنه كان فى الوقت ذاته بعيداً كل البعد عن إدراك كنهها .

وبالرغم من ذلك فقد كانت الأبحاث التى قام بها إيجكمان خطوة علمية مرشدة . ولا تعود أهميتها الأساسية إلى أنه توصل عن طريقها إلى إيجاد وسيلة ناجعة لعلاج البرى برى (لأن « تاكاجى » توصل إلى شفاء مرض البرى برى بالشعير قبل ذلك بخمسة عشر عاماً) ، ولكن لأنها كانت أول مرة يمكن فيها تحت ظروف التجربة العلمية إحداث الإصابة بالمرض ثم شفاؤه . وبذلك أصبح الطريق ممهداً أمام العلماء الآخرين لأن يبنوا فوق ذلك الأساس ، ويعثروا على السبب الحقيقى للمرض وللشفاء منه .

وتقدمت الأبحاث الخاصة بالفيتامينات بعد ذلك سريعاً . فقد حدث أن قام هوبكنز (Sir Fredrick Gowland Hopkins) بجامعة كامبريدج بتجربة

شهيرة عام ١٩٠٦ ، أخذ فيها مجموعة من صغار الفئران قدم لها وجبات تحتوى على جميع المواد الغذائية المعروفة إذ ذاك الموجودة فى اللبن . أى أنه غذاها على بروتين ودهون وسكريات وأملاح فى صورها النقية . فلاحظ أنه لم يحدث لهذه الفئران أى زيادة فى الوزن بعد انقضاء عشرين يوماً . ثم أخذ مجموعة أخرى من الفئران وقدم لها الوجبات السابقة نفسها ، ولكنه أضاف إليها بعض قطرات من اللبن الكامل . فوجد أن هذه الفئران ، بعد انقضاء نفس المدة السابقة ، قد زاد وزنها إلى الضعف . ومعنى ذلك أن اللبن لابد أن يحتوى على مادة مجهولة ضرورية للنمو . وهذه المادة لم يكن لها وجود فى الوجبة المكونة من الصور النقية للمواد المعروفة التى يتكون منها اللبن . وقدحصلت فئران المجموعة الثانية على هذ المادة المجهولة من قطرات اللبن المضافة . وكانت هذه المادة المجهولة هى التى تعرف الآن باسم فيتامين « ا » . وفى عام ١٩١١ أعاد « كازيمير فنك » (Casimir Fink) ، الذى كان يعمل فى لندن ، تجربة إيجكمان . فأصاب بعض الكتاكيت بمرض البرى برى عن طريق إطعامها بالأرز المصقول ، ثم عالجها منه بأن أطعمها بالأغلفة الخارجية لحبوب الأرز . وشرع «فنك» بعد ذلك فى استخراج المادة الموجودة ، فى هذه الأغلفة ، والقادرة وحدها على شفاء البرى برى . ولكننا نعلم الآن أن هذه المادة عبارة عن خليطاً لعدة أنواع من فيتامين «ب» ، وتعرف باسم فيتامين « ب المركب » . ولم يتمكن « فنك » من معرفة الكثير عن تلك المادة التى اكتشفها ، لكونها خليطاً من عدة مواد كيمائية . وقد أورد فى تقاريره أنها مركب عضوى يوجد فى جميع البروتينات ، ويعرف بالأمينيات (Amines) ، وأنها حيوية (Vital) بالنسبة للكائنات الحية ، ولذلك اشتق اسمها من مجموع الكلمتين (Amine , Vital) ، فسماها فيتامينات (Vitamines) . ولما وجد فيما بعد أن الفيتامينات ليست بمركبات أمينية ، اكتفى بتغيير الهجاء بحذف حرف الـ « e » من الكلمة فأصبحت (Vitamins) ، واحتفظ بها للدلالة على هذه المواد .

أما الفصل الثانى من مسرحية البحث عن علاج للبرى برى فقد وقعت حوادثه

فى جاوه ، فى نفس المعمل الذى عمل به « إيجكمان » . ففى عام ١٩٢٥ تمكن العالمان جانسن (S . C . P Jansen) ، ودوناث (W . F . Donath) من الحصول على أول عينة نقية من المادة التى أطلقا عليها اسم « الفيتامين المضاد للبرى برى » ، المعروفة الآن باسم الفيتامين أو فيتامين ب١ .

وقد استخدم هذان العالمان فى تجاربهما المئات من صغار طيور الأرز التى أطلقا عليها إسم (Bondols) ، كما استهلكا ما يقرب من ٧٠٠ رطل من مخلفات عملية صقل الأرز . وقد وجد عند بدئهما فى التجارب أن مرض البرى برى يصيب هذه الطيور بعد حوالى ١١ يوماً من بدء إطعامها بالأرز المصقول دون غيره . وبعد سلسلة طويلة معقدة من الخطوات الكيمائية ، تمكن هذان العالمان من فصل مواد متنوعة من كوم الأغلفة الخارجية للأرز التى فى حوزتهم . ومن ثم أخذ فى تجربة كل مادة من هذه المواد على حدة على « طيور الأرز » بخلطها بالأرز المصقول بكميات مختلفة . وكان عدم ظهور أعراض مرض « البرى برى » على الطيور بعد عشرين يوماً من تناولها لمادة من هذه المواد دليلاً على أن الهدف الذى يبحث عنه العالمان يكمن ولاشك فى هذه المادة . وأخيراً ، وبعد قيامهما بإجراء ما لاحصر له من التجارب ، كانت كومة مخلفات الأرز قد تضاءلت إلى مادة واحدة قادرة على علاج البرى برى ، وكانت فى صورة ضئيلة من مسحوق يزن $\frac{1}{١٣}$ من الأوقية ! وكانت هذه أول عينة نقية من الفيتامين .

وقد كانت الطريقة التى اتبعها هذان العالمان فى البحث نموذجاً مكن غيرهما من العلماء من اكتشاف العديد من الفيتامينات بعد ذلك . فكانت الخطوة الأولى هى تقديم عدة وجبات مختلفة « ناقصة » لحيوانات التجارب ، مع مراقبتها مراقبة دقيقة لملاحظة ظهور أعراض المرض . وكانت الخطوة التالية هى البحث عن غذاء يشفى هذا المرض فتختفى الأعراض . أما الخطوة الأخيرة فكانت عملية فصل المادة الفعالة الموجودة داخل الغذاء المذكور . وباتباع هذه الطريقة أمكن الحصول على

أكثر من اثنى عشر نوعاً من الفيتامينات المختلفة . وبمرور الوقت الكافى ، أمكن التعرف على التركيب الكيميائى لهذه الفيتامينات ، كما تم التوصل إلى طرق لإنتاج الفيتامينات كيميائياً فى المعمل .

وفى جميع الحالات كان الفيتامين يثبت بجدارة أنه لا غنى للجسم عنها للإبقاء عليه فى صحة جيدة . وقد اكتشف كذلك أن الجسم لا يحتاج إلا المقادير ضئيلة من الفيتامينات المختلفة . إلا أن عدم تناول هذه المقادير على ضآلتها يعرض الجسم للإصابة بأمراض نقص التغذية ، ومنها مرض البرى برى ، الإسقربوط ، البلاجرا ومرض الكساح . وتبدأ هذه الأمراض — وغيرها من الأمراض الأقل خطورة فى دلالتها على سوء الصحة — عندما ينقص من الغذاء فيتامين أو أكثر . ويمكن شفاء المرض والقضاء على سوء التغذية إذا ما تناول المريض الفيتامينات فى وقت مبكر ، إما عن طريق تغذيته بوجبات كاملة مشتملة عليها ، أو عن طريق تناولها على هيئة أقراص .

وكان الاعتقاد فى بادىء الأمر هو وجود نوعين فقط من الفيتامينات ، هما فيتامين «ا» القابل للذوبان فى المواد الدهنية ، وفيتامين «ب» القابل للذوبان فى الماء . ولذلك عندما اكتشفت أنواع أخرى من الفيتامينات التى تذوب فى الماء ، أطلق عليها أسماء فيتامين ب١ ، ب٢ ، وهكذا تكونت مجموعة فيتامينات ب المركبة . . وقد اتسعت قائمة تسمية الفيتامينات فيما بعد وامتدت حتى وصلت إلى حرف «ك» (K) . ومن أهم الفيتامينات التى يحتاج إليها جسم الإنسان : فيتامينات ا ، ب المركبة ، ج ، د ، ك .

ففيتامين ا ضرورى للرؤيا الليلية — أى القدرة على الإبصار فى الظلام . وأحسن مصادره الخضروات الصفراء ، كأنواع الجزر والقمح . والواقع أن هذه الخضروات لا تحتوى على فيتامين ا نفسه ، بل على مادة تعرف بالكاروتين وهى تتحول داخل الجسم إلى فيتامين ا .

وشبكية العين هى التى تحتاج لفيتامين ا وذلك أنها تحتوى على نوعين من الخلايا ـ خلايا مخروطية للرؤية فى الضوء الساطع ، وخلايا عصوية للرؤية فى الضوء الخافت . وتحتوى الخلايا العصوية على مادة كيمائية تتكون جزئياً من فيتامين ا . وهذا هو السبب فى أن نقص فيتامين ا فى الجسم يؤدى إلى إصابته بمرض العشى الليلى .

هذا وقد وجد كذلك أن الفئران لا تنمو جيداً إذا كان نوع الدهن الذى يشتمل عليه غذاؤها هو دهن الخنزير أو زيت الزيتون . إلا أن نموها يصبح طبيعياً إذا استبدلت المواد الدهنية السابقة بغيرها كالدهون الموجودة فى صفار البيض أو فى الزبد أو زيت كبد الحوت . والسبب فى ذلك أن دهون المجموعة الثانية تحتوى على فيتامين ا ، أما دهنيات المجموعة الأولى فخالية منه . ومن ذلك يتضح أن فيتامين ا ضرورى أيضاً لنمو الجسم نمواً طبيعياً .

فيتامين ا	ـ	$\text{ك}_{٢٠}\ \text{يد}_{٣٠}\ \text{ا}$	ك ـ كربون
الثيامين	ـ	$\text{ك}_{١٢}\ \text{يد}_{١٨}\ \text{ا}\ \text{ن}_{٤}\ \text{كب}\ \text{كل}_{٢}$	يد ـ إيدروجين
النياسين	ـ	$\text{ك}_{٦}\ \text{يد}_{٥}\ \text{ا}_{٢}\ \text{ن}$	ا ـ أكسوجين
الريبو فلافين	ـ	$\text{ك}_{١٧}\ \text{يد}_{٢٠}\ \text{ا}_{٦}\ \text{ن}_{٤}$	ن ـ نيتروجين
حامض الاسكوربيك	ـ	$\text{ك}_{٦}\ \text{يد}_{٨}\ \text{ا}_{٦}$	كب ـ كبريت
فيتامين د	ـ	$\text{ك}_{٢٨}\ \text{يد}_{٤٤}\ \text{ا}$	كل ـ كلور
فيتامين ك	ـ	$\text{ك}_{٢١}\ \text{يد}_{٤٢}\ \text{ا}_{٢}$	

(شكل ٩)

قائمة بأسماء بعض الفيتامينات وقوانينها الكيمائية

والمعروف الآن أن فيتامين ب المركب يحتوى على نحو إثنى عشر نوعاً من الفيتامينات . وتعرف الآن بأسمائها الكيمائية بدلاً من الأرقام التى كانت تطلق عليها بادىء الأمر . وربما يكون الثيامين (الذى يق من مرض البرى برى ويشفى المرضى به) ، والنياسين والريبوفلافين أشهرها جميعاً . وأسماء هذه الفيتامينات قد تكون معروفة للقارىء إذ أنها كثيراً ما تكون مطبوعة على أغلفة الخبز المزاد فى قيمته الغذائية ، وعلى صناديق الحبوب ، لأنها غالباً ماتضاف إلى هذه الأغذية لتحل محل ما تفقده من فيتامينات أثناء تصنيعها ، ولتزيد أيضاً من القيمة الغذائية للخبز أو للحبوب .

أما الثيامين فلا يعمل على الوقاية من مرض « البرى برى » والشفاء منه فحسب ، بل هو ضرورى أيضاً لسلامة الأعصاب وللاحتفاظ بالشهية وحسن الهضم . ويوجد الثيامين فى الخبز المصنوع من الحبوب الكاملة كما يوجد فى اللبن والكبد . ويحتاج الجسم من « النياسين » يومياً إلى $\frac{1}{٣٠٠٠}$ من الأوقية ، وإذا قلت الكمية عن هذا المقدار تعرض الجلد للإصابة بمرض البلاجرا الخطير . ومن المصادر الغنية « بالنياسين » خميرة البيرة واللحوم والبيض والحبوب الكاملة . أما « الريبوفلافين » فيحتاج الجسم منه إلى كميات أقل حتى من ذلك . ويحتاج الجسم منه إلى $\frac{١}{٢٠٫٠٠٠}$ من الأوقية فقط لحفظ الجلد والأعين فى حالة صحية جيدة . والمصادر الغنية به هى اللبن واللحوم اللينة .

وتعمل مجموعة فيتامينات ب داخل الجسم ضمن نطاق الجهاز الأنزيمي . فالأنزيمات مسئولة كما نعلم عن جميع التغيرات الكيمائية التى تحدث باستمرار داخل الجسم تقريباً . وتقوم فيتامينات ب بأدوار متنوعة فى عملية إحراق جزء من الطعام الذى نأكله لتوليد الطاقة اللازمة للجسم .

أما أكثر الفيتامينات غموضاً فهو فيتامين ج (حمض الاسكوربيك) . ومن

المعروف أن الموالح كالبرتقال والجريبفروت والليمون من أحسن مصادر هذا الفيتامين . ومن المعروف أيضاً أن نقص هذا الفيتامين يسبب مرض الإسقربوط الذى يصيب اللثة والأسنان والأوعية الدموية الصغيرة . إلا أنه لم يعرف للآن كيف يلعب هذا الفيتامين دوره بالجسم .

وفيتامين « د » يعرف أيضاً باسم « فيتامين الأشعة الشمسية » ، بالرغم من أن أشعة الشمس نفسها خالية منه . وسبب هذه التسمية أن الجلد إذا ما تعرض لأشعة الشمس تحولت إحدى المركبات التى بداخله إلى فيتامين د . ويعمل فيتامين د على تنظيم كميات الكلسيوم والمغنسيوم التى تدخل فى تكوين العظام ، ولذا فإن نقص هذا الفيتامين فى الجسم يؤثر فى عملية تكوين العظام ، وقد يؤدى إلى المرض المعروف بالكساح . ومن المصادر الغنية بفيتامين د ، الأسماك وزيت كبد الحوت والزبد وصفار البيض .

وهناك نوع آخر من الفيتامينات هو فيتامين ك . ويقوم هذا الفيتامين بدور هام فى عملية تجلط الدم الذى ينزف من جرح أو خدش . ويوجد هذا الفيتامين فى أوراق النباتات الخضراء ، وليس من الضرورى اشتمال وجباتنا الغذائية عليه ، إذ أن البكتريا التى بالأمعاء تقوم بتجهيزه .

وعند ما نقرأ شيئاً ما عن الفيتامينات ، ينشغل بالنا بسهولة خشية ألا نكون قد تناولنا الكميات اللازمة لجسمنا من مختلف أنواعها . والواقع أن القارىء إذا تناول وجبة متزنة (كاملة) فإنه يحصل على جميع الفيتامينات التى يحتاج جسمه إليها . فالكميات التى يحتاج الجسم إليها من الفيتامينات من الضآلة إلى حد أن ما يلزمنا منها فى يوم بأكمله ، يمكن عجنه معاً فى كرة أصغر حجماً من بذرة البسلة . ومع ذلك فهذه المقادير الضئيلة من الفيتامينات تلزم أجسامنا للابقاء عليها فى صحة جيدة .

الفصل الرابع

الفيـــروســـات

مما لا شك فيه أيها القارىء ، أن والديك أدخلا في روعك أن الفيروسات لم يكن لها وجود إبان طفولتهما . ولعلك سمعتهما يقولان « إن كل مرة تمرض فيها ، يقال لنا إن الفيروس هو سبب المرض ، مع أن أمثال هذه الفيروسات لم تضايقنا قط عندما كنا صغاراً » . واستماعك لمثل هذا القول ، يوحى لك ببساطة أن الفيروسات قد اخترعت منذ العشر أو العشرين سنة الماضية ، مع أن الفيروسات فى الحقيقة قد لازمت الإنسان منذ ظهوره على سطح الأرض . بل إن بعض العلماء يعتقدون أن الفيروسات كانت أول صورة ظهرت للحياة على سطح الأرض . غير أن معرفة الإنسان لها لم تتحدد إلا منذ سبعين سنة ، كما أنه لم يحدث تقدم فى تفهم ماهيتها وطبيعة عملها فى الحقيقة إلا خلال الثلاثين السنة الماضية .

وإننا لنعرف الآن أن أكثر من مائة مرض من الأمراض التى تصيب الإنسان تنتج عن إصابته ببعض الفيروسات . ومن هذه الأمراض : الجديرى (أو جدرى الماء) ، وداء الكلب ، وشلل الأطفال ، والجدرى ، والحصبة ، والتهاب الغدة النكفية ، والأنفلونزا ، والزكام العادى . والواقع أن الاعتقاد السائد الآن هو أن أكثر من نصف عدد الأمراض التى تصيب الإنسان الحديث تنشأ عن الفيروسات . هذا وتدل الأبحاث الحديثة على أنه هناك علاقة مابين الفيروس والسرطان ، إلا أن العلاقة التى بينهما لم تتضح بشكل ظاهر بعد .

ويعتبر العالم الهولندى مارتينوس ويلم بيجرينك Martinus Willem Beijerinck (١٨٥١ — ١٩٣١) مؤسساً لعلم «الفيروسولوجى» أو علم دراسة الفيروسات . وقد كان من العلماء الأفذاذ ، إلا أنه كان فظاً غليظاً فى معاملته . فقد كان أثناء

قيامه بالتدريس فى معمل مدرسة « دلفت الهندسية » (Delft Polytechnical School) ، شديداً لاذع النقد مع تلاميذه . وقد ورد فيما كتب عن حياته الخاصة بأنه كان وحيداً ، تعساً فى حياته ، كما كان مصراً على عدم الزواج . ويقال إنه ذات مرة فصل مساعداً له لأنه تزوج ! وصاح وهو فى أشد حالات الغضب قائلاً « إن رجل العلم يجب ألا يتزوج . وقد كان فى الحقيقة عدواً للمرأة حتى أنه كان يبدأ محاضراته دائماً بقوله « سادتى وسيداتى » .

وقد اهتم مارتينوس فى بدء حياته الوظيفية بمرض الطباق الفسيفسائى . وكان هذا المرض يصيب نبات الطباق ، فيحفر فى أوراقه خطوطاً تعطى شكلاً فسيفسائياً ، وقد كان اهتمامه بهذا المرض سبباً فى توجيهه إلى «عالم الفيروسات » الذى قضى فيه بقية حياته .

وظل « بيجرينك » طوال العشرين سنة التالية وهو يوالى البحث تارة ويوقفه تارة أخرى ، لمعرفة سبب إصابة أوراق الطباق بهذا المرض . وحاول الوصول إلى معرفة ما إذا كان المرض ينتج عن البكتريا . إلا أنه لم ينجح فى كل التجارب التى أجراها فى العثور على أى أثر للبكتريا . وكان أحد جوانب خطته معرفة حجم ذلك العامل المسبب للمرض . لذلك قام بطحن بعض من الأوراق المصابة ، واستخرج ما بها من عصارة ، ثم رشح العصارة بمرشح لا يسمح بنفاذ أى شىء فى مثل حجم البكتريا . وعندما فحص السائل المرشح تحت الميكروسكوب وجده رائقاً خالياً من البكتريا . ومع ذلك فإنه عندما استعمل السائل فى عدوى نباتات طباق سليمة ، أصيبت سريعاً بالمرض . ترى أى شىء أصغر من البكتريا يستطيع إحداث أمراض ؟ وهل من الممكن أن يكون هذا الشىء سائلا ساماً ؟ إن الإجابة على هذا التساؤل هى « لا » حتما ، لأنه لا يوجد من السموم ما له القدرة على الإكثار من نوعه كما يفعل هذا الشىء . فإن هذه المادة كانت قادرة على الانتشار والنمو على الأوراق ، منتجة مواد أخرى مماثلة لها وتعمل عملها فى إصابة الأوراق السليمة بالمرض .

وبعد إجراء الكثير من التجارب ، والإمعان فى التبصر والتفكير ، أصدر بيجرينك عام ١٨٩٨ تقريراً قال فيه إن مرض الطباق الفسيفسائى يسببه « سائل حى معد » وأطلق عليه إسم الفيروس . وبما أنه كان ينفذ خلال المرشحات ، فهو فيروس قابل للترشيح .

واندفع بيجرينك — وهو الذى كثيراً ما دخل فى مناقشات علمية — فى جدال أثير بخصوص التقرير الذى نشر عن الفيروس . ويبدو أن روسياً يدعى « ديمترى إيفانوفسكى » ادعى لنفسه فضل إجراء هذه التجارب نفسها فى زمن سابق . وبتواضع غير منتظر من « بيجرينك » ، قبل الاعتراف بأن إيفانوفسكى هو أول مكتشف للفيروس .

وبالرغم من ذلك فإن « بيجرينك » هو المعترف به اليوم كأول عالم من علماء الفيروس . فعلى الرغم من أن إيفانوفسكى قد سبقه فى إجراء التجارب ببضع سنوات ، إلا أن « بيجرينك » له فضل التعرف على أهمية الفيروس الحقيقية . وكان المعتقد حتى هذه الآونة أن الخلية هى أول وحدة حية . إلا أن « بيجرينك » اقترح بكل شجاعة أن هذه المادة ، وإن كانت حية بالفعل ، إلا أنها عديمة التركيب الخلوى . وذلك لأنه كان يعلم أن أى شىء فى مثل حجم الخلية كان لا بد وأن يحتجزه جهاز الترشيح . ودعاه ذلك إلى القول بأنه يمكن للمادة أن تكون حية دون أن يكون لها التركيب الخلوى . وهذا هو الذى جعله يطلق على المادة المسببة لمرض الطباق الفسيفسائى إسم « السائل الحى » .

ولكن ما حقيقة الفيروس ؟ أهو سائل كيمائى به حياة ؟ أم هو شىء حى عديم التركيب الخلوى ؟ وشرع العلماء بعد ذلك فى التحرى عن تلك المادة الغامضة المعروفة بالفيروس . وكان وندل ستانلى Wendell Stanley (الذى ولد فى عام ١٩٠٤) ، واحداً من كبار الباحثين المضيين الذين عكفوا على حل لغز الفيروس . وكان « وندل » فى شبابه يبشر بمستقبل باهر فى عالم كرة القدم .

عدوى مرض الطباق الفسيفسائى وهى لا تزال صغيرة . وتجمع النباتات المصابة بعد ذلك ، وتجمد وتفرم فى مفرمة اللحم ، وكان يستخرج من العجينة الناتجة عصير الطباق وهو يعرف أنه يحتوى على الفيروس . ثم أجرى على هذا العصير مختلف أنواع العمليات الكيميائية . وكان يضطر إلى تجربة السائل الناتج عقب الانتهاء من كل عملية من هذه العمليات لكى يتأكد من وجود الفيروس ، وليعرف ما إذا كان هذا العصير لا يزال محتفظاً بقدرته على إصابة أوراق الطباق أم أن الفيروس قد فقد منه أثناء إجراء العملية .

وبعد سنوات من ملاحظة عصير الطباق وهو يزداد نقاوة أكثر فأكثر ، شاهد وندل ظهور لمعان جديد بالسائل ، وبالفحص الميكروسكوبى تبين له أنه بلورات نقية من فيروس الطباق الفسيفسائى . وقد أثبتت التجارب التى أجريت فيما بعد على هذه البلورات أن قدرتها على إحداث الإصابة بالمرض تفوق قدرة السائل الأصلى مائة مرة . وبالحصول على البلورات يكون ستانلى وندل قد أدى المهمة التى أعدها لنفسه — ألا وهى الحصول على فيروس المرض من أوراق نبات الطباق . وقد استهلك « وندل » فى تجاربه ما يقرب من الطن من أوراق الطباق المصابة ، وحصل منها — بعد عمليات الطحن والعصر والضغط وعشرات من الخطوات الكيميائية — على ملء ملعقة فقط من المسحوق الأبيض الناعم . وأوجز ما قام به من أعمال فقال « . . . قليل من الحظ ، وكثير من الكيمياء الجيدة — لا الكيمياء الممتازة — مع سلوك سليم ورغبة فى العمل الشاق » . فياله من تواضع بالغ بعد تحقيق مثل هذه النتائج الباهرة !

وبهذا يكون « ستانلى » قد أصاب الهدف . ولكن ما مغزى النتيجة التى وصل إليها ؟ وكان أن أعلن ستانلى رأيه فقال « إن هذه البلورات (الفيروس) عبارة عن جزيئات من بروتين كيميائى غير حى » (والبروتينات جزيئات كبيرة الحجم جداً تحتوى على الكربون والأكسوجين ، والإيدروجين ، والنيتروجين

فقد كان رئيساً لفريق « كلية إيرلهام » كما قام بتكوين فريق « إنديانا وأول ستريت » عام ١٩٢٥ . وكان يطمح فى أن يصبح مدرباً لكرة القدم فيما بعد .

وفى أحد أيام ربيع عام ١٩٣٦ ، دعاه أستاذ الكيمياء بالكلية التى كان يدرس فيها لمرافقته فى رحلة إلى جامعة « إلينوى » . وذهب ستانلى على أمل مقابلة الطالب « ريد جرانج » بطل كرة القدم الشهير الذى كان طالباً بها . إلا أنه عندما وصل إلى هناك قابل أحد أساتذة الكيمياء وتجاذب معه الحديث . فكان لهذا الحديث ولمبنى معامل الكيمياء أثر كبير على ستانلى ، جعله يشترك صيف هذا العام فى دراسة عليا للخريجين فى الكيمياء بجامعة « إلينوى » .

وسرعان ما محيت من ذاكرته أيام كرة القدم السابقة ، بعد أن ذاعت شهرته كأحد الشبان النابهين فى الكيمياء . وفى عام ١٩٢٩ أنهى أيام عزوبته وتزوج من طالبة زميلة له فى قسم الكيمياء . واستمر نجمه آخذاً فى الصعود ، فقد منح شرفاً عظيماً — بأن حصل على منحة للبحث بمعهد روكفلر بمدينة نيويورك . ولما كان عدد أفراد أسرته آخذاً فى الازدياد ، فقد طلب نقله إلى معمل روكفلر لعلم النبات فى برنستون بنيو جيرزى . وهناك بدأ فى دراسة كيمياء الفيروسات واستمر يعمل بها طوال أيام حياته .

وقد رأى « وندل » أن يبدأ باختيار أحد الفيروسات لإجراء البحث عليه . واختار فيروس الطباق الفسيفسائى لسهولة الحصول عليه ولسهولة نموه . وهو فيروس ثابت يصعب إتلافه أثناء إجراء التجارب ، كما أنه فيروس نباتى يغنى رجل العلم عن ضرورة استخدام الحيوانات . وكان هذا بدء ثلاث سنوات فى عمل من أشد الأعمال صعوبة وإرهاقاً . وكان الغرض الذى يرمى إليه هو استخدام الكيميائيات لتنقية هذا الكائن (الفيروس) ، ثم تركيزه ، وأخيراً فصله والحصول عليه فى صورة نقية .

وقام « وندل » بزراعة نباتات الطباق ومراقبة نموها . وكان ينقل إليها

كما تحتوى فى بعض الأحيان على الفسفور والكبريت) . هل سمع أحد بمثل ذلك من قبل ؟ إذ كيف تستطيع مادة غير حية إحداث إصابة بمرض معد ؟ .

وقد أمكن حفظ الفيروس النقى الذى تم فصله فى زجاجة كما تحفظ مئات المواد الكيميائية الأخرى . إلا أن هذه المادة الفيروسية سرعان ما كانت تسلك سلوك الأحياء فتنمو وتتكاثر بمجرد نقلها إلى كائن حى كأوراق الطباق .

وظل السؤال المحير وهو « ما هو الفيروس ؟ » فى حاجة إلى الإجابة عليه ، أهو كائن حى أم مجرد مادة كيميائية ؟ وكان العلماء حتى ذلك الحين يعتقدون أن الكائنات الحية والأشياء غير الحية تختلفان بعضهما عن بعض كما يختلف اللون الأبيض عن الأسود . ولكنهم بعد اكتشاف الفيروس وتنقيته وقياسه ، تنبهوا إلى وجود حلقة اتصال بين الأحياء وغير الأحياء أشبه ما تكون بالمنطقة الرمادية التى تصل بين الأبيض والأسود .

وكان من المسلم به حتى أوائل عام ١٩٣٠ أن هناك حلقة فراغ (من حيث الحجم) ، بين أكبر الجزيئات الكيميائية (ولو احتوت على آلاف الذرات) وبين أصغر الأحياء وأدقها . ولكن العلماء قد تمكنوا بعد اختراع المرشحات الجديدة الدقيقة من قياس أبعاد الفيروس . وكان فيروس الأنفلونزا هو أول فيروس قيست أبعاده ، ووجد أن طول قطره حوالى ١٠٠ مليميكرون (المليميكرون يساوى حوالى $\frac{١}{٢٥٫٠٠٠٫٠٠٠}$ من البوصة) .

هذا ويبلغ قطر أكبر جزىء كيميائى معروف حوالى ٢٢ مليميكرون ، كما يبلغ قطر أدق الأحياء حجماً حوالى ١٥٠ مليميكرون . وقد تغير الموقف بعد أن تم قياس أبعاد الكثير من الفيروسات بواسطة المرشحات والميكروسكوبات الإلكترونية الحديثة . فقد وجد أن هناك من الفيروسات ما تتراوح أبعادها

كما تحتوى فى بعض الأحيان على الفسفور والكبريت) . هل سمع أحد بمثل ذلك من قبل ؟ إذ كيف تستطيع مادة غير حية إحداث إصابة بمرض معد ؟ .

وقد أمكن حفظ الفيروس النقى الذى تم فصله فى زجاجة كما تحفظ مئات المواد الكيميائية الأخرى . إلا أن هذه المادة الفيروسية سرعان ما كانت تسلك سلوك الأحياء فتنمو وتتكاثر بمجرد نقلها إلى كائن حى كأوراق الطباق .

وظل السؤال المحير وهو « ما هو الفيروس ؟ » فى حاجة إلى الإجابة عليه ، أهو كائن حي أم مجرد مادة كيميائية ؟ وكان العلماء حتى ذلك الحين يعتقدون أن الكائنات الحية والأشياء غير الحية تختلفان بعضهما عن بعض كما يختلف اللون الأبيض عن الأسود . ولكنهم بعد اكتشاف الفيروس وتنقيته وقياسه ، تنبهوا إلى وجود حلقة اتصال بين الأحياء وغير الأحياء أشبه ما تكون بالمنطقة الرمادية التى تصل بين الأبيض والأسود .

وكان من المسلم به حتى أوائل عام ١٩٣٠ أن هناك حلقة فراغ (من حيث الحجم) ، بين أكبر الجزيئات الكيميائية (ولو احتوت على آلاف الذرات) وبين أصغر الأحياء وأدقها . ولكن العلماء قد تمكنوا بعد اختراع المرشحات الجديدة الدقيقة من قياس أبعاد الفيروس . وكان فيروس الأنفلونزا هو أول فيروس قيست أبعاده ، ووجد أن طول قطره حوالى ١٠٠ مليميكرون (المليميكرون يساوى حوالى $\frac{١}{٢٥٫٠٠٠٫٠٠٠}$ من البوصة) .

هذا ويبلغ قطر أكبر جزىء كيميائى معروف حوالى ٢٢ مليميكرون ، كما يبلغ قطر أدق الأحياء حجماً حوالى ١٥٠ مليميكرون . وقد تغير الموقف بعد أن تم قياس أبعاد الكثير من الفيروسات بواسطة المرشحات والميكروسكوبات الإلكترونية الحديثة . فقد وجد أن هناك من الفيروسات ما تتراوح أبعادها

بين ١٦ و ٣٠٠ مليميكرون . وهكذا تبين أن الفيروسات لا تملأ فقط الفراغ المزعوم بين أكبر الجزيئات وأصغر الأحياء ، بل إنها تتخطى أيضاً أبعاد كل من نهايته .

وبذا أصبح لزاماً أن تكون الإجابة عن ذلك السؤال المحير — ما هو الفيروس ؟ — بأنه شيء يجمع بين الحياة وعدمها . فهو مادة حية داخل الخلايا ، أما أثناء حفظه داخل الزجاجات فلا يزيد عن كونه مادة كيميائية غير حية . وأصبح من المحقق الآن أن الفيروس لا يملأ الفراغ الحجمى الفاصل بين الأحياء وغير الأحياء فحسب ، ولكنه فى واقع الأمر عبارة عن قنطرة تصل فيما بينهما .

وبعد انقضاء عامين على أعمال « ستانلى » اتضح لبعض علماء الفيروس أن هناك بعض أخطاء فى أبحاثه . فقد عثر العالمان الإنجليزيان : فريدريك باودن (Fredric C. Bawden) ونورمان بيرى (Norman W. Pirie) على شيء آخر فى فيروس الطباق الفسيفسائى غير البروتين لم يعره ستانلى التفاتاً . فقد اكتشف هذان العالمان أن الفيروس ليس بروتيناً صرفاً بل إن البروتين يكون ٩٤ فى المائة من الفيروس . أما الباقى وقدره ٦ فى المائة فكان عبارة عن « حمض نووى » شبيه بالمادة النووية الموجودة بنواة الخلية .

وقد قام ألفريد هرشى (Alfred D. Hershey) ومارتا تشيز (Martha Chase) فى معمل معهد « كارنيجى » باسبرنج هاربور بنيويورك ، بدراسة دقيقة للدور الذى يقوم به الحمض النووى فى الفيروس . وفى عام ١٩٥٢ كان الفيروس موضوع دراستهما هو « الفيروس ملتهم البكتريا » (BacterioPhage) الذى يهاجم البكتريا ولا يهاجم النباتات كما يفعل فيروس الطباق الفسيفسائى . وأعدا تجربة رائعة تتبعا فيها الخطوات الحقيقية التى يسلكها الفيروس عند مهاجمته للبكتريا .

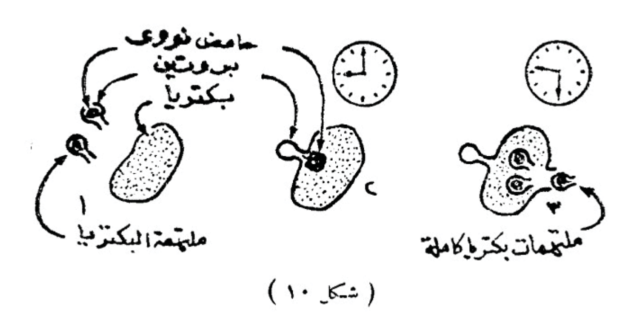
فأعدا مزرعتين من هذا الفيروس. ولما كانا يعلمان أن عنصر الفسفور لا يوجد إلا فى الجزء الحمضى من الفيروس وأن الكبريت لا يوجد إلا فى الجزء البروتينى منه ، أخذا فى تغذية إحدى المزرعتين بالفسفور المشع والأخرى بالكبريت المشع (وكان تحويل العناصر العادية إلى عناصر مشعة من الاعمال الباهرة التى توصل إليها علماء الذرة أخيراً. والمعروف أن العنصر المشع يصدر بصفة مستمرة نوعاً من الأشعة يمكن الكشف عنها بأجهزة منها عداد جيجر — أنظر الفصل العاشر) .

وبذلك تمكن هذان العالمان، بوضعهما هذه الأعلام المشعة فى كل من الحمض النووى للفيروس وفى بروتينه ، من ملاحظة الفيروس وهو يعمل فى مهاجمة البكتريا. واستطاع بذلك « هرشى وتشيز » من تتبع الأدوار التى يلعبها كل من الحمض النووى والبروتين عند مهاجمة الفيروس للبكتريا .

ولتصوير ما شاهداه ، فلنشبه الفيروس بالقطارة . ولنفرض أن زجاج القطارة وغطاءها المطاط يمثلان بروتين الفيروس ، وأن السائل الموجود داخلها يمثل حمضه النووى . ولنفرض أن القطارة تلتصق فتحتها بجدار البكتريا وتحدث فيه ثقباً اتساعه حوالى $\frac{١}{١٠٬٠٠٠٬٠٠٠}$ من البوصة . ثم يسيل الحمض النووى (حاملاً علمه من الفسفور المشع) فى جسم البكتريا . أما القطارة الفارغة (أى البروتين بعلمه من الكبريت المشع) فتظل خارجاً .

وانقضى على دخول الحمض النووى داخل البكتريا حوالى الثلاثين دقيقة دون أن يبدو أن شيئاً ما قد حدث . وفجأة انفجرت البكتريا ليخرج منها نحو مائتى إلى ثلاثمائة فيروس جديد ، أخذ كل منها فى البحث عن بكتريا أخرى ليغزوها !

ويعتبر ماحدث من الأمور المذهلة . إلا أن الأغرب منه أن كل فيروس من الفيروسات الجديدة كل له نفس تركيب الفيروس الأول فكان يحتوى على حمض



(شكل ١٠)

نووى يغلفه البروتين ، مع أن بروتين الفيروس الأصلى ظل خارج البكتريا ولم يدخل فيها. وهذا معناه أن هذه المادة الكيمائية ، أى الحمض النووى ، استطاعت عند دخولها فى البكتريا أن تحثها على تكوين كل من الحمض النووى والبروتين .

ولا غرابة فى أن « ستانلى » عالم الفيروس الكبير قال : « إن تركيب الحمض النووى يشكل أكبر وأهم المعضلات التى يواجهها العلم فى الوقت الحاضر » . فما هى الطريقة إذن التى يتمكن بها هذا الحمض لا من إكثار ذاته فحسب ، بل ومن الإكثار أيضاً من الغلاف البروتينى المحيط به ؟

وهكذا نتم قصتنا عن الفيروس بسؤال مازال فى حاجة إلى إجابة . ولقد انتقلنا من «السائل الحى المعدى» على حد تعبير «بيجرنك» بفضل حصول ستانلى على بلورات فيروس الطباق الفسيفسائى ، إلى دراسة طريقة الفيروس فى العمل التى قام بها هرشى وتشيز . فقد قام هؤلاء العلماء وكثيرون غيرهم بالإجابة عن العديد من الأسئلة الخاصة بالفيروس. وقد أدت إجاباتهم — كما يحدث فى أغلب الأوقات فى المسائل العلمية — إلى إثارة أسئلة أخرى جديدة . وربما كان من أكثر الأسئلة المثيرة التى نشأت نتيجة لدراسة الفيروس ، سؤال سنحاول الإجابة عنه فى الفصل التالى ، وهو على وجه التحديد : ما الحمض النووى وما هى طريقته فى العمل ؟

الفصل الخامس

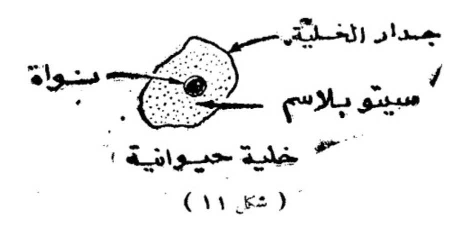
"ح د ن" مصدر تخطيط الحياة

لغالبية القصص البوليسية خطة أساسية واحدة . يتعرف القارىء فيها على جميع شخصيات القصة فى وقت مبكر من بدايتها . وتمر فترة طويلة دون أن يسمع القارىء شيئاً عن إحدى الشخصيات البوليسية ، ثم تظهر هذه الشخصية ، وتزداد أهميتها بالتدريج . وما إن تقترب القصة من نهايتها حتى تتضح مسؤولية هذه الشخصية عما ورد فى القصة من الحوادث الغامضة :

وقصة الانتصار العظيم فى الكشف عن « ح د ن » ، وهو أحد شقيقين يكونان الحمض النووى ، ومفتاح علم الوراثة الحديث ، أشبه ما تكون بقصة بوليسية . إلا أن الفارق الأساس بينهما هو أن موضوع قصتنا هذه لا يدور البحث فيه عن بطل قاتل ، بل يروى قصة البحث عن مصدر تخطيط الحياة .

ولنتعرف أولاً على بطل قصتنا المغوار وهو « ح د ن ». فقد تم اكتشافه على يدى العالم السويدى « فردريك ميتشر » (Fredrick Miescher) فى عام ١٨٦٩ ، مختبئاً داخل نواة إحدى الخلايا . وكان ميتشر عاكفاً على دراسة كيمياء الخلية ، وهى الوحدة الأساسية التى تتكون منها جميع الكائنات الحية . وكان اهتمامه موجها بصفة خاصة إلى النواة ، وهى الجزء المختص بنمو الخلية وتكاثرها .

وتتكون كل خلية من خلايا جسم الانسان أو الحيوان من ثلاثة أجزاء

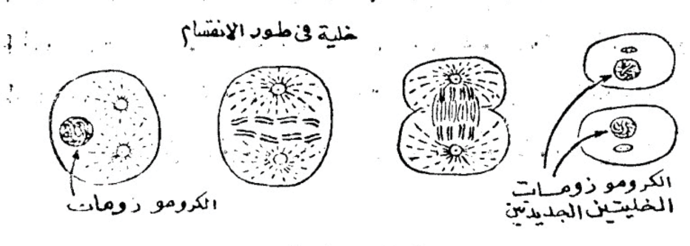


(شكل ١١)

رئيسية . وهى أولاً ، غلاف خارجي رقيق يحد الخلية ويعرف باسم الغشاء الخلوى ، وبداخل الخلية جسم صغير مستدير يسمى النواة ، ويمتلىء ما بين النواة والغشاء الخلوى بمادة تسمى السيتوبلازم .

وتحتوى النواة على أجسام خيطية تعرف بالكروموزومات . وتلعب هذه الكروموزومات الدور الأول فى عملية انقسام الخلية . ففى هذه العملية ينشطر كل كروموزوم إلى شطرين فيتضاعف عدد الكروموزومات . ثم تتباعد كل مجموعة عن الأخرى (بحيث يصبح كل كروموزم تم انشقاقه فى كل من المجموعتين ممثلاً بأحد شطريه) . وتنقسم الخلية إلى خليتين تحتويان على كروموزومات متماثلة .

وقد تخير « ميتشر » الصديد لاجراء تجاربه . ويتكون الصديد كما نعلم من كريات الدم البيضاء . وكان « ميتشر » يتلقى يومياً من عيادة قريبة ضمادات المرض الملوثة بالصديد . وقد فشلت جميع المحاولات التى أجراها لفصل الأنوية عن الكريات الدموية البيضاء مستخدماً فيها مختلف المحاليل الحمضية . وكان أقصى ما توصل إلى الحصول عليه قدراً غاية فى الضآلة من المادة النووية ، وهو قدر لا يمكن تحليله للتعرف على تركيبه الكيماوى .



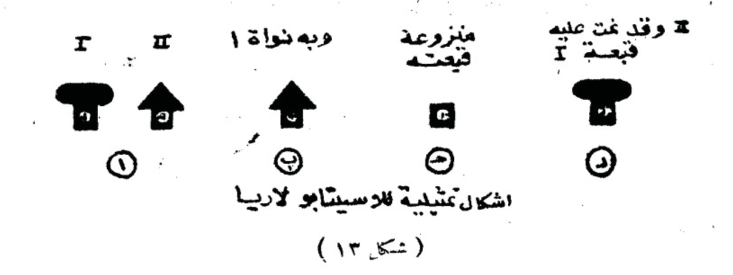
(شكل ١٢)

عندئذ أعد « ميتشر » خطة هجومية لفصل النواه عن السيتوبلاسم فى الكرة الدموية البيضاء . وكانت هذه الخطة مبنية على ما كان يعلمه من أن السيتوبلاسم مادة بروتينية ، وأن البيبسين وهو أحد أنزيمات المعدة يقوم

يهضم هذا البروتين . لذلك حصل « ميتشر » على بعض من الببسين من معدة خنزير وخلطة بالخلايا الصديدية . وبعد ساعات قليلة حصل على مسحوق رمادى دقيق رسب من سائل أصفر رائق . وعندما فحص عينة من هذا المسحوق تحت الميكروسكوب ، وجده مكوناً من أنوية خلايا الكريات الدموية البيضاء . فقد أذاب الببسين سيتوبلاسم الكريات البيضاء البروتينى تاركاً أنوية الخلايا « عارية تماماً » .

وعندما قام « ميتشر » بتحليل الأنوية ، وجد أنها تحتوى على الكربون والإيدروجين والأكسجين وكذلك النيتروجين والكبريت ، كما وجد أيضاً أنها غنية بالفسفور . وقد أطلق على المادة الموجودة بالنواة اسم « النيوكلين » ثم استبدله باسم الحمض النووى (Nucleic Acid) عندما وجد فيما بعد أن هذه المادة حمضية .

واستمر العمل فى تحليل الخلية ، أما الحمض النووى — ذلك المسحوق الصمغى الرمادى الذى لا يؤبه بمنظره — فقد ترك فى زجاجات تراكم عليها التراب فى الكثير من أرفف معامل العالم بأسره . ولم يبدأ الغبار ينفض عن زجاجاته ويخرج من عالم الظلام إلى عالم النور حتى عام ١٩٣١ ، أى بعد مضى أكثر من أربعين عاماً . وكان ذلك فى معمل عالم الأحياء الألمانى « يواقيم هامر لينج » (Joachim Hammerling) حيث كان يجرى دراسات على أحد النباتات وحيدة الخلية المسماة « أسيتابولاريا » (Acetabularia) . وخلية الأسيتابولاريا تشبه « عيش الغراب » فى الشكل ، إذ تتكون من جزء يشبه ساق عيش الغراب وآخر يشبه قبعته . ويختلف شكل القبعة باختلاف النوع ، فلكل نوع من عيش الغراب قبعته المميزة . ومن المعروف أن الخلية إذا فقدت قبعتها تتكون لها قبعة أخرى .



اشكال تمثيلية للاسيتابولاريا

(شكل ١٣)

وكان أن قام «هامرلينج» بنقل النواة من ساق أحد أنواع الأسيتابولاريا، وليكن النموذج رقم ١ إلى جذع نوع آخر، ولسكن النموذج رقم ٢ بعد أن أزيلت قبعته. ولبث ينتظر رؤية شكل القبعة التى ستتكون على النموذج رقم ٢ ترى هل تؤثر النواة المنقولة على شكل القبعة المتكونة؟ كان هذا ما حدث فعلاً فإن شكل القبعة التى تكونت للنموذج رقم ٢ كان شبيهاً بشكل قبعة النموذج رقم ١. ولأول مرة وجد الدليل القاطع على أن النواة، والنواة وحدها، هى التى تقوم بنقل الصفات أثناء عملية التكاثر. فالنواة إذن هى مركز الصفات الوراثية.

وظل الحمض النووى حتى ذلك الوقت مختفياً تحت رداء من الغبار آخذ فى الازدياد. وفى عام ١٩٤٤ نفض الغبار عن الحمض إذ قام «أزوالد أفيرى» (Oswald Avery) وآخرون بمعهد روكفلر بنيويورك، بإعادة بعض التجارب التى سبق أن أجراها «فريد جريفت» قبل ذلك. وكان جريفت يجرى أبحاثاً على سلالتين من الجراثيم المسببة لمرض الإلتهاب الرئوى، وكان لإحدى السلالتين غلاف خشن وللأخرى غلاف ناعم. وفى هذه التجربة الخاصة استعمل جريفت كمية من الجراثيم الخشنة الأغلفة التى تم إضعافها بحيث أصبحت لا تقوى على إحداث الإصابة بالالتهاب الرئوى، كما استخدم أيضاً كمية من الجراثيم الناعمة الأغلفة الميتة. وقام بحقن أحد الفئران بهاتين السلالتين من الجراثيم. وكان جريفيت يتوقع عدم حدوث شىء للفأر، نظراً لأن جراثيم إحدى السلالتين، وهى الخشنة الأغلفة، كانت

على درجة كبيرة من الضعف ، والجراثيم الناعمة الأغلفة كانت ميتة . إلا أن الفأر أصيب فعلاً بالمرض. وعندما فحص دمه وجده مليئاً بالجراثيم الحية الناعمة الغلاف .

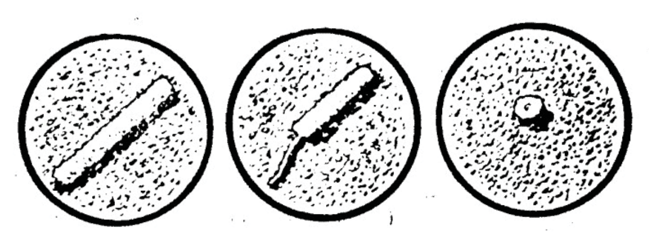
لذلك قرر علماء معهد روكفلر بأنه لابد أن هنــاك مادة ما — مادة محدثة للتغيير — استطاعت تحويل كل من الجراثيم الخشنة الغلاف الضعيفة ، والناعمة الغلاف الميتة ، إلى جراثيم حية ناعمة الغلاف . وانتقل «أفيرى» إلى العمل بأنابيب الاختبار بدلاً من الحيوانات الحية ، وعالج نوعى الجراثيم بسلسلة طويلة من الخطوات الكيمائية . وأخيراً استطاع فصل « المادة المحدثة للتغيير » . وكان مصدرها جراثيم الالتهاب الرئوى الميتة الناعمة الغلاف ، وكانت تتميز بالقدرة على أن تجعل السلالة ذات الأغلفة الخشنة تنتج الجراثيم الناعمة . ولعل القارىء يحذر باقى القصة . فهذه المادة ليست إلا بطلنا الذى نسيناه طويلاً — إنها الحمض النووى . فبطريقة ما استطاع الحمض النووى فى الجراثيم الميتة الناعمة الغلاف ، أن يتولى أمر عملية التكاثر فى ذرات الأغلفة الخشنة . وأمكن الحمض أن يوجه ذرات الأغلفة الخشنة إلى إنشاء جراثيم ناعمة الأغلفة تماثل من جميع الأوجه الجراثيم الناعمة الأصلية .

وفى مارس عام ١٩٥٥ أجرى اختبار للحمض النووى فى تجربة عجيبة ألقت ضوءاً جديداً على خواص هذا الحمض . وقدأجريت هذه التجربة بمعمل « ونْدل » للفيروس بجامعة كاليفورنيا وقام بها « هاينز فرينكل — كونرات ، المولود فى عام ١٩١٠ (Heinz Fraenkel—Conrat) ، أحد كبار علماء الكيمياء اللامعين الذين كانوا يعملون بهذا المعمل . فشرع هذا العالم فى الفصل بين جزئى فيروس الطباق الفسيفسائى ، ومعرفة الجزء المختص بالنمو والتكاثر ، ثم محاولة إعادة الفيروس إلى شكله الأصلى .

وكان من المعروف فى ذلك الوقت أن جميع الفيروسات تحتوى على حمض نووى فى المركز ، تحيط به قشرة من البروتين . وكان السؤال المطلوب الإجابة عنه هو :

أى الجزئين مسئول عن نمو الفيروس وتكاثره ؟ أهو البروتين أم الحمض النووى ؟ وقد كان « فرينكل — كونرات » يعتقد على حد اعترافه ، بأن الجزء الفعال من الفيروس هو البروتين لا الحمض النووى . وقد قال « كنت آمل أن يكون البروتين هو العامل المحدد . فقد كان الاهتمام بالحمض النووى منافياً لميولى الشخصية » . ومع ذلك فان ميوله الشخصية لم تمنعه من استخدام كل مهارته الكيميائية لمعرفة الحقيقة .

وقد تمكن « فرينكل — كونرات » من إزالة البروتين المحيط بالحمض النووى فى فيروس الطباق الفسيفسائى باستخدام أحد محاليل التنظيف المستعملة فى المنازل ، والتى استطاعت النفاذ إلى داخل الفيروس وعملت على تكسير قشرته البروتينية . وقد تمكن أيضاً من إزالة مراكز الحمض النووى من مجموعة أخرى من فيروس الطباق الفسيفسائى باستخدام قاعدة ضعيفة هى كربونات الصوديوم للاتحاد به . وهذه العملية التى تبدو بسيطة غاية البساطة عند الشرح ، كانت فى الواقع بالغة الصعوبة والدقة .



(شكل ١٤)

واستطاع تحت الميكروسكوب الإلكترونى أن يرى الحمض النووى على هيئة خيوط رقيقة ، كما استطاع أن يرى فى المجموعة الثانية حوصلات البروتين الفارغة .

ولقد كانت العملية على درجة كبيرة من الدقة حتى أنه استطاع أن يرى الثقوب الفارغة التى كان يشغلها الحمض النووى .

وأخذ « فرينكل — كونرات » بعضاً من كل من المجموعتين إلى حديقة السقف التى كانت تنمو بها نباتات الطباق . وحك بعضاً من الحمض النووى على أوراق أحد النباتات ، كما حك بعضاً من الأغلفة البروتينية على أوراق نبات آخر. فاذا فرض أن كان للحمض النووى أو للبروتين قدرة الفيروس الكامل على إحداث الاصابة ، فان أوراق الطباق الجديدة ستصاب حتماً بالمرض . وفى اليوم التالى أسرع فرينكل — كونرات إلى حديقة السقف لفحص نباتى الطباق ، فلم يجد بهما أية إصابة ! لذلك اعتقد لأول وهلة أن الحمض النووى بمفرده أو البروتين بمفرده ليست بالعوامل الفعالة القادرة على نقل مرض الطباق الفسيفسائى .

والواقع أن « فرينكل — كونرات » كان قد انتزع الحياة من الفيروس . وبقى التساؤل الآتى : « هل يستطيع أن يجمع مرة أخرى بين الجزئين فاقدى الحياة (الحمض النووى والبروتين) ليحصل من الجمع بينهما على الفيروس ؟ لهذا أتى بالحمض النووى من مجموعة من الفيروس ، وبالأغلفة البروتينية من مجموعة أخرى ، وما إن مضت بضع دقائق على عملية الخلط حتى لاحظ أحد مساعديه ظهور بريق فى المخلوط . وكان هذا البريق هو نفس البريق الذى شاهده « وندل ستانلى » منذ عشرين سنة عندما حصل لأول مرة على فيروس الطباق الفسيفسائى فى صورة بلورية نقية . وبذا كان ظهور هذا البريق دليلاً على وجود جزيئات كاملة للفيروس . ولكن هل كان هذا الفيروس حقاً هو فيروس الطباق الفسيفسائى ؟ وهل له القدرة على إصابة أوراق الطباق بالمرض ؟

وكان اليوم يوم جمعة . وصعد فرينكل — كونرات للمرة الثانية إلى حديقة السطح لتجربة الفيروس الذى أعيد تركيب جزيئاته . ومر يوم السبت دون أن يظهر أى شىء على أوراق الطباق ، وبقيت على حالتها طوال يوم الأحد . إلا أنه

فى صبيحة يوم الاثنين كانت أعراض الإصابة بمرض الطباق الفسيفسائى قد ظهرت . وبذا يكون الفيروس المجهز — أى الفيروس الذى ركبه فى المعمل — قد أمكنه نقل عدوى مرض الطباق الفسيفسائى .

وبمواصلة البحث ، تمكن فرينكل — كونرات من التعرف على المزيد من المعلومات الخاصة بالحمض النووى . فعرف مثلاً أن هذا الحمض يصبح رقيقاً للغاية بعد فصله عن حوصلته البروتينية . ولن يستطيع إحداث الإصابة بالمرض إلا إذا استعمل عقب عملية الفصل « مباشرة » ، ويتفق ذلك وواقع الأحداث ، فان سبب عدم نقله للعدوى فى الجزء الأول من التجربة يرجع إلى الوقت الطويل الذى استغرق فى الصعود به إلى حديقة السطح .

وتبدو التجربة التى نحن بصددها كأنها إحدى الألعاب السحرية . فقد قسم فيروس الطباق الفسيفسائى إلى حمض نووى نقى ، وبروتين نقى . وكان المعتقد بادىء الأمر أن كلاً منهما لا يستطيع أن يسبب الإصابة بالمرض . إلا أنه عندما تم الجميع بينهما ، وأحيطت خيوط الحمض النووى بأغشية بروتينية مختلفة ، أصبح الخليط الجديد قادراً على إصابة أوراق الطباق ، كما وجد بعد ذلك أن الحمض النووى يستطيع بمفرده إحداث المرض حتى بعد فصله عن غشائه البروتينى .

وتنتهى الكثير من القصص البوليسية فى المحكمة ، حيث يكشف التحقيق مع المتهمين وإعادة استجوابهم أسرار القضية أكثر فأكثر..والآن دعنا نستعرض ما كشفت عنه التحقيقات من أمر الحمض النووى .

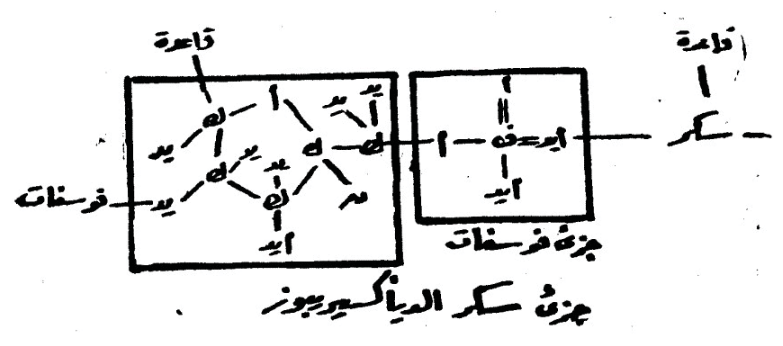
وكان من أوائل الاكتشافات التى تمت سريعاً ، ظهور حمضين نوويين شقيقين «حمض دى أكسى ريبو - نووى »حدن (DNA—deoxyribo— nucleic acid) و «حمض ريبو-نووى» «حرن (RNA — ribo — nucleic acid) »ويرمز إليهما بالأحرف الأولى (DNA ـ ح د ن) و (RNA ـ ح ر ن) . وتوجد بينهما بعض الاختلافات التى ستظهر فى سياق حديثنا .

وكان قد ذكر بصورة جازمة أن ذلك الخيط الضئيل من أل ح د ن المختبىء داخل النواة ، يقوم بحفظ ونقل جميع المعلومات اللازمة لتكوين الكائن الحى. ومن المعروف أن بناء أبسط المنازل يحتاج إلى صفحات من الرسومات والتفصيلات والقياسات . فكيف يمكن لمثل هذه القطرات الضئيلة أن تحتوى على التصميمات اللازمة لبناء شىء فى مثل تعقيد جسم الكائن الحى ؟ وكان ذلك يبدو محالاً ، غير أن جميع الدلائل كانت تشير إلى أن ح د ن هو الذى يقوم بهذه المهمة .

وما إن وافى عام ١٩٥٣ حتى كان العلماء قد اكتشفوا المزيد عن ح د ن . فقد عرفوا أن ح د ن جزىء ضخم — قد يبلغ وزن ذرة الإيدروجين ستة ملايين من المرات . كما وجدوا أيضاً أنه يحتوى على جزيئات من سكر دى أكسيريبوز مرتبطة بجزيئات من الفوسفات . كما يحتوى بالإضافة إلى ذلك على الأدينين (Adenine) ، والجوانين (Guanine) والسيستوزين (Cystosine) ، والثايمين (Thymine) . وهذه المواد جميعاً من القواعد ، أى أنها تستطيع الاتحاد كيميائياً بالإيدروجين . وهذه القطع الست المختلفة ، ولكل منها شكله وحجمه المميز له ، تتكرر آلاف المرات فى جزىء ح د ن .

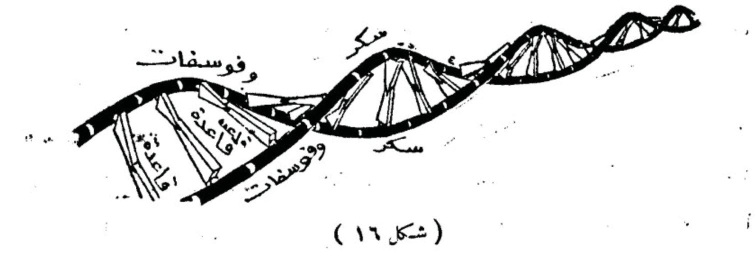
وفى عام ١٩٥٣ قام عالمان بجامعة كمبردج بجمع دقائق المعلومات العديدة التى توصل إليها العلماء الآخرون وأخرجوا منها جميعاً نموذجاً لجزىء ح د ن . وكان هذان العالمان هما : « فرنسيس كريك » (المولود عام ١٩١٦) (Francis H . C . Crick) الذى قام بتصميم بعض الألغام للبحرية البريطانية خلال الحرب العالمية الثانية ، و «جيمس ديوى واطسون» الأمريكى الشاب (المولود فى عام ١٩٢٨) (James Dewey Watson) . وقد شرع هذان العالمان فى صنع النموذج مستخدمين فى ذلك كمية من الأسلاك وكثير من القطع المعدنية . وكانت كل قطعة معدنية فى النموذج تمثل قطعة من جزىء ح د ن ، إما سكراً أو فوسفات أو إحدى القواعد . أما الأسلاك فكانت تستخدم فى ربط القطع لتحتفظ بوضعها الصحيح بالنسبة لبعضها البعض . وقد شرع « كريك وواطسون » مراراً

وتكراراً فى توفيق القطع معاً ، ولكنهما كانا كل مرة يجدان — لسبب ما — أن ترتيب القطع فى النموذج لا يحقق الوضع المناسب المطلوب . وكان ذلك يعنى إجراء تنقلات فى مواضع الأجزاء . وكان كل فشل يزيدهما معرفة عن مشكلة ترتيب الجزيئات فى ح د ن . وقد تحققا فى النهاية من أنه لا يوجد سوى حل واحد صحيح لهذه المشكلة ، وأن نموذجاً واحداً فقط هو الذى يفى بالغرض .



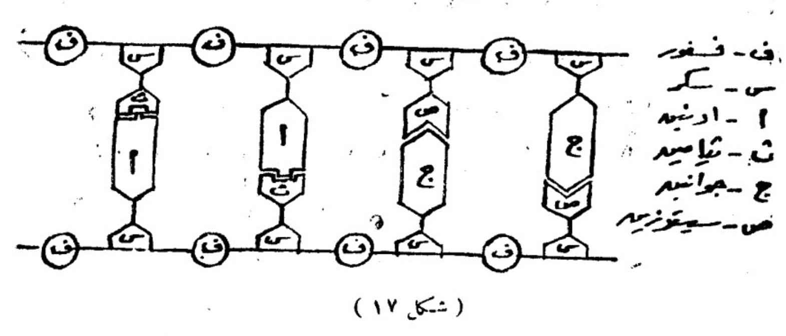
(شكل ١٥)

وتوصل العالمان فى نهاية الأمر إلى وضع القطع فى أماكنها الصحيحة ، وأخذ النموذج شكله النهائى ، وفيه كونت جزيئات الفوسفات والسكر خطوطاً طويلة ملتوية . وكانت الجزيئات القاعدية تتصل فى زوايا قائمة . وكان أن ظهر النموذج الممثل لجزىء ح د ن على هيئة سلم ملتو تتكون قائمتاه من جزيئات سكرية وفوسفاتية ، أما درجات السلم فكانت من جزيئات المواد القاعدية وهى الأدنين والجوانين والسيستوزين والثيامين .



(شكل ١٦)

وكان هذا النموذج السلمى يمثل الحقيقة ـ ولو أنها لم تكن بالحقيقة الكاملة. فالمواد القاعدية كانت مختلفة الحجم . فالأدنين (ا) والجوانين (ج) ، قاعدتان أكبر وأطول ، أما السيستوزين (ص) والثيامين (ث) فقاعدتان أصغر وأقصر . فكيف يمكن أن يكون هناك سلم درجاته مختلفة الطول ؟ وقد وجد أن درجة السلم لا تتكون من جزئ قاعدى واحد ، بل من جزيئين ، أحدهما قاعدة طويلة والآخر قصيرة . وحتى فى هذه الحالة ،فان كل درجة من درجات السلم يمكن أن تتكون بإحدى طرق أربعة ، تتبع بعضها البعض بأى ترتيب كان .



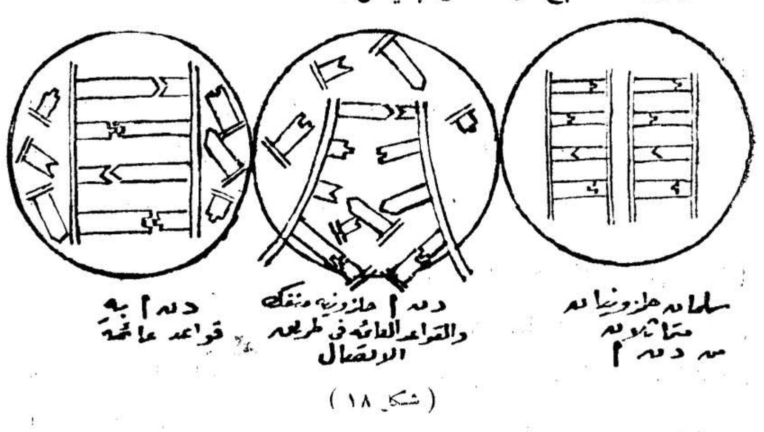
(شكل ١٧)

ويبدو أن الحقيقة الكاملة هى أن جميع جزيئات ح د ن تتكون من القطع الستة نفسها — (وهى السكريات والفوسفات والمواد القاعدية الأربع) ، كما أنها جميعاً متماثلة الشكل (أى أنها على صورة سلم ملتو) . وثمة شىء واحد فقط قابل للتغيير — وهو ترتيب درجات السلم فيما بينها .

فهل من الممكن أن يكون لتعقيدات الحياة الضخمة مثل هذا الأساس البسيط ؟ وهل يمكن للأنواع الأربعة ، التى تكون درجات السلم فى جزىء حدن والتى قد يبلغ عددها فى الجزىء عشرة آلاف درجة ، أن تحمل جميع الحقائق والمعلومات اللازمة لبناء البروتين الضرورى لجميع الكائنات الحية ؟ إننا نعرف أن أساس رموز مورس التلغرافية هو النقطة والشرطة ، ومع ذلك فقد أمكننا الحصول منها على مئات الآلاف من الكلمات المختلفة . وقد عبر « كريك » بطريقته

المتواضعة عن ذلك ، فى جزىء ح د ن بقوله : « إن مثل هذا الترتيب يمكنه أن يحمل قدراً هائلاً من الحقائق والمعلومات » .

وليس على ح د ن أن يحمل المعلومات الخاصة بالوراثة فحسب ، بل عليه أيضاً أن ينتج صوراً طبق الأصل من نفسه ، أى أن يتناسخ . وقد أعطى النموذج الذى صممه كريك وواطسون للعلماء فكرة عن الطريقة التى يتناسخ بها ح د ن . وتبدأ العملية بأن يُحلّ الإلتواء عند إحدى نهايتى السلم . وبينما يحدث ذلك ، تنفصل القواعد المفردة « ا » و « ج » و « ص » و « ت » ، كل عن زميلتها فى السلم . غير أن السائل الخلوى يحتوى على قواعد غير متصلة ، عائمة فيه . فإذا حدث ، على سبيل المثال ، أن اقتربت درجة مكسورة بها القاعدة «ت» وحدها من ، قاعدة « ا » عائمة ، فإن القاعدة «ا » تلتصق بها ويكونان معاً الدرجة الكاملة . وهكذا فبينما ينفك الإلتواء فإن قواعد جديدة — يتصل بها السكر والفسفات التى تكون الإطار الخارجى — تنضم لتكمل السلم . وعندما ينتهى فك الإلتواء تماماً يكون قد أصبح لدينا سلمان جديدان .



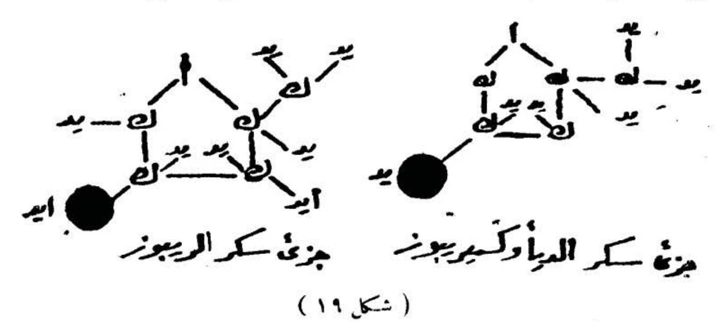
(شكل ١٨)

وقد أوضح الدكتور كريك تناسخ ح د ن كما يلى : لو تخيلنا يداً تنزع خارج قفاز لتلبس قفازاً آخر ، بينما تملأ يد أخرى القفاز تدريجياً فى الوقت

ذاته ، فعند انتهاء هذه العملية تكون هناك يدان داخل قفازين . وتمثل كل يد خطاً من القواعد المفردة وتمثل كل قفاز قرائنها .

وقد فسر ذلك كيف يضاعف ح د ن نفسه ، إلا أن طريقة تحكم « ح د ن » فى تجهيز البروتين ، وهى الجزيئات الأساسية اللازمة لبناء الخلية وقيامها بوظائفها ما زالت فى حاجة إلى إيضاح . فالمعروف أن تجهيز البروتين يتم فى سيتوبلاسم الخلية خارج النواة . إلا أن ح د ن لا يوجد إلا داخل النواة . فكيف إذن تصل الإشارة الخاصة بتكوين البروتين من ح د ن إلى خارج النواة ، وكيف يتم بناء البروتين ؟

لذلك نذكر القارئ بما سبق أن قلناه من أن هناك نوعين من الحمض النووى هما « ح د ن » و « ح ر ن » . ويختلف هذان النوعان كيميائياً فى نقطتين : أولهما « ح ر ن » يحتوى على القاعدة المسماة يوراسيل (Uracil) ، بدلاً من قاعدة الثيامين التى فى « ح د ن » . أما الاختلاف الثانى فهو أن جزيئات السكر فى « ح ر ن » تحتوى على ذرة من الأكسجين أكثر مما فى جزيئات السكر التى فى « ح د ن » .



(شكل ١٩)

هذا فضلاً عن أن « ح د ن » لا يوجد إلا داخل النواة ، بينما يوجد « ح ر ن » فى كل من النواة والسيتوبلاسم ، أى فى الكتلة الخلوية التى خارج النواة . وقد دلت التجارب التى أجريت بجامعة كاليفورنيا على أن « ح ر ن » ينتقل بطريقة ما من النواة إلى السيتوبلاسم .

وهكذا اتضحت العملية كلها . فان « ح د ن » هو مصدر التخطيط الذى يدير

عملية تكوين المادة الحية . ومن داخل النواة، وبطريقة لا تزال غير معروفة ، يرسل « ح د ن » توجيهاته الخاصة بتكوين البروتين إلى « ح ر ن » (وهو نوع خاص يعرف باسم « ح ر ن » الموصل) . فيخرج هذا الـ « ح ر ن » الموصل من السيتوبلازم ليساعد فى تكوين البروتين المطلوب طبقاً للخطة الصادرة من « ح د ن » . وقد وجد فى بعض الخلايا ، أو بعض الفيروسات مثل فيروس الطباق الفسيفسائى ، أن « ح د ن » هو الذى يصدر خطة تكوين البروتين أما « ح د ن » فلا دخل له بهذه العملية .

وقد سارت البحوث الخاصة بكل من « ح د ن » و « ح ر ن » فى السنوات القليلة الماضية بخطوات سريعة محمومة . وقد تمكن « سيفيرو أوكوا » المولود فى عام ١٩٠٥ (Severo Ochoa) بجامعة نيويورك من تحضير شىء من « ح ر ن » فى أنابيب الاختبار فى عام ١٩٥٥ . وكانت هذه هى المرة الأولى التى يتكون فيها « ح ر ن » خارج خلية حية . وبعد ذلك بعام واحد تمكن تلميذه السابق « أرثر كورنبرج » (المولود فى عام ١٩١٨) Arthur Kornberg من تحضير بعض من « ح د ن » أثناء وجوده بجامعة واشنطن فى سانت لويز .

وفى أغسطس من عام ١٩٦١ تمكن العالمان مارشال نيرنبرج (Marshal W. Nierenberg) ، وهنريش ماتثى (J.Heinrich Matthaei) بالمعهد الصحى الأهلى ، فى بيثيسدا بولاية ميريلاند من تحضير عينة من جزىء « ح ر ن » من نوع بسيط باستخدام مادة قاعدية واحدة هى اليوراسيل . وقد اختبرا قدرتها على تكوين البروتين فى أنبوبة اختبار ، فوجدا أنها كونت إحدى الوحدات الداخلة فى تركيب البروتين فقط ، وهى الحمض الأمينى المعروف باسم الفنايلامين . (والأحماض الأمينية هى الوحدات التى يتكون منها البروتين ، ويعرف منها أكثر من عشرين حمضاً) .

وما إن حل شهر يناير من عام ١٩٦٢ ، حتى كان سيفيرو أوكوا قد أعلن

أنه وفق إلى حل طلاسم ما يقرب من تسعة عشر نوعاً من الأحماض الأمينية التي تزيد عن العشرين نوعاً ، المكونة للبروتين ، كما كان فى استطاعته أن يحذر تكوين الأحماض الأمينية الأخرى .

وقد بينت الدلائل أن عملية تكوين الأحماض الأمينية عملية مثلثة ، بمعنى أنه لا بد من وجود ثلاث مواد قاعدية لتكوين كل من الأحماض الأمينية التي تتكون منها البروتينات .

وقد أعلن فى شهر مارس من عام ١٩٦٥ عن اكتشاف من أعظم الاكتشافات إثارة . فقد توصل فريق من العلماء بجامعة كورنيل تحت إشراف العالم روبرت هولى (Robert W.Holley) إلى معرفة التركيب الكيميائى والمعادلة الكيميائية لأحد أنواع « حرن » الموصل . ويستعمل « حرن » سالف الذكر فى تكوين الحمض الأمينى المعروف باسم ألانين (alanine) .

وعلى هذا النحو تنتهى هنا محاولات العلماء ، كما تنتهى قصتنا . ولا يمكننا فى الوقت الحاضر أن نجزم فيما يختص بالحمضين النوويين الشقيقين « حدن » و « حرن » إلا بفتوى واحدة ، وهى أنهما مصدر تخطيط الحياة . فهما يخفيان فى سلميهما الدقيقين الملتويين شفرة سر الحياة . وكان العلماء فيما مضى يقولون إن الصفات الوراثية تختبىء داخل الجينات — أى تلك الوحدات الدقيقة المرصوصة بطول خيوط الكروموزومات . أما اليوم فاننا نعرف أن كل جين تقريباً من هذه الجينات يتكون من صف مزدوج من « ح د ن » .

ومادة « حدن » و « حرن » هى التى تحدد أن صغار الفيلة تنشأ شبيهة بالفيلة ، وأن تصبح صغار البراغيث براغيث . وهى أيضاً التى تحدد لون العيون والشعر ، وطول ووزن كل طفل يولد . ولعل رجال العلم الدائبون على البحث عن أسراره يكونون بهذا قد توصلوا إلى اقتفاء أثر شعلة الحياة . إلا أن قصة هذا البحث

لم تصل إلى نهايتها بعد . فلا يزال العلماء مستمرين فى إماطة اللثام عن حقائق جديدة . وإحدى هذه الحقائق على سبيل المثال هو اكتشاف أن « ح ر ن » يلعب دوراً هاماً فيما يختص بالذاكرة .

إن أبحاثاً كهذه تقربنا بصفة مستمرة من تفهم حقيقة تلك الجزيئات التى تحكم الحياة .

الفصل السادس

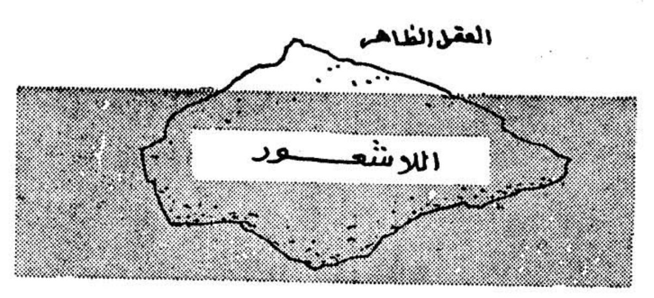
اكتشاف اللاشعور

وجه العلم للانسان خلال الخمسمائة سنة الماضية ثلاث ضربات قاسية . ففى القرن السادس عشر أثبت نيكولاس كوبرنكس (Nicolas Copernicus) أن الأرض ليست مركز العالم ولكنها مجرد ذرة فى عالم السموات الفسيح . وفى القرن التاسع عشر قدم « تشارلس داروين » الدليل على تسلسل الإنسان من الحيوانات الدنيا . وفى أوائل القرن الحالى وجه « سيجموند فرويد » (Sigmond Freud) إلى الإنسان أقسى هذه الضربات ، إذ أوضح أن الإنسان مسير إلى حد كبير بواسطة جانب من عقله غير خاضع لسلطانه ، وأن الإنسان ليست له السيادة المطلقة على حالته التى هو عليها أو على تفكيره أو أقواله أو أعماله .

وعندما التحق « سيجموند فرويد » (١٨٥٦ — ١٩٣٩) بجامعة فينا ، لم يكن من السهل عليه تخير نوع الدراسة التى سيسلكها . فقد كان مولعاً بالفيزيقا والكيمياء ولكنه على الرغم من ذلك لم يشعر بأن فى مقدوره دراسة أى منهما . وقد لفتت الفلسفة أنظاره ، بعضاً من الوقت ، إلا أنه وجد فى علم الفسيولوجيا (أى دراسة وظائف الأعضاء فى كل من النبات والحيوان) ما يحقق رغباته . فشرع توا فى القيام بأبحاث مبتكرة عن الجهاز العصبى فى الإنسان والحيوان . واضطره ذلك إلى دراسة الطب ليتمكن من مواصلة أبحاثه . وهكذا أصبح طبيباً رغم أنه لم يكن ينوى ممارسة هذه المهنة .

ومع ذلك فبعد أن تزوج فى عام ١٨٨٦ وأخذت عائلته تنمو وتزداد عدداً ، أدرك أنه لا بد أن تكون له عيادة طبية يحصل منها على تكاليف الحياة اللازمة لزوجته وأولاده الستة وأقاربه المختلفين . وقد اختص بمعالجة الأمراض العصبية ، ولا غرابة فى ذلك لأن أبحاثه التى كان يجريها كانت متعلقة بالجهاز العصبى كما سبق أن ذكرنا .





(شكل ٢٠)

وكان بعض المرضى الذين يفدون على عيادته يظهرون عند الفحص عدم وجود أى خلل بأجهزتهم العصبية . مع أن أعراض الأمراض العصبية كالشلل والصرع وفقد الإبصار أو السمع أو الكلام أو الاضطراب والقلق الدائمين كانت تبدو عليهم بوضوح . ويعرف الأشخاص الذين تظهر عليهم هذه الأعراض بالعصابيين (Neurotics)، وتعرف الأعراض التى تبدو عليهم بأعراض الأمراض العصبية أو العصاب (Neurosis) .

وكان اليأس يشتد بفرويد عند ما يجد نفسه غير قادر على معالجة هؤلاء المرضى . ودعاه ذلك إلى أن يتساءل ، هل يحذو حذو أطباء الأعصاب الآخرين فينصح مرضاه بملازمة الفراش فى حجرة مظلمة وارتشاف اللبن والكسترد (حلوى مصنوعة من البيض واللبن والسكر) ؟ أم ينصحهم بممارسة التمرينات العنيفة كركوب الخيل أو تسلق الجبال ، أو أخذ حمامات ساخنة مع التدليك ، أو أخذ

حمامات بمياه مثلجة ؟ ونظراً لعدم جدوى أى علاج ، فقد أقترح هذه الأمور كلها ، وجربها جميعاً دون أن يصل إلى نتيجة ما .

وفى العشر السنوات التالية لعام ١٨٨٠ حدث أن عالج الدكتور « جوزيف بروير » (Joseph Breuer) ، وهو أحد أساتذة « فرويد » ، أحد المرضى المصابيين بطريقة جديدة تمكن بها من شفائه . وكان المريض فتاة ألمانية تدعى « أنّا » أصيبت بالشلل وفقدت القدرة على التكلم بالألمانية وكانت تتكلم الانجليزية فقط بطريقة أو بأخرى .

والطريقة التى اتبعها « جوزيف بروير » فى علاجها ، هى أنه نومها تنويماً مغنطيسياً عن طريق تكراره لبعض الكلمات المرة تلو المرة ، راحت بعدها فى نوم من نوع معين كان يسمح لها بالاستماع والكلام ، كما كان يسمح لها بتتبع التوجيهات .

وكان الدكتور « بروير » يساعدها أثناء نومها المغنطيسى على الرجوع بذاكرتها إلى بدء إصابتها بالشلل وإلى اللحظة التى نسيت فيها لأول مرة التكلم بالألمانية .

وعلم منها « بروير » أنها أثناء سهرها على العناية بوالدها وهو يعانى سكرات الموت ، غلبها النعاس ذات مرة فنامت وذراعها اليمنى فوق الكرسى . وعندما استيقظت وجدت أن ذراعها اليمنى قد فقدت القدرة على الحركة والإحساس ، ومنذ ذلك الوقت لم تعد تستطيع تحريكها . وبعد ذلك ببضعة أيام استغرقت فى النوم بجوار فراش والدها . وحلمت أثناء نومها بأن ثعباناً خرج من الحائط زاحفاً نحو والدها لمهاجمته . فحاولت الصراخ لتحذير والدها ولكنها لم تستطع ، وكان كل ما أمكنها النطق به ترنيمة باللغة الإنجليزية ، كانت قد تعلمتها من مربيتها أثناء طفولتها . وبعد أن استيقظت لم تستطع التكلم بغير الانجليزية .

وعلى هذه الصورة تم التعرف على جذور مرضها العصابى . فقد كان مرض والدها وموته بالنسبة لها تجربة قاسية هزت كيانها هزاً شديداً . وترجم إصابتها

بالشلل وفقدها القدرة على تكلم الألمانية إلى تلك اللحظات المثيرة التى مرت بها ، مرة وهى متكأة على ذراعها اليمنى أثناء نومها ، والأخرى عندما لم تستطع أثناء حلمها أن تحذر والدها من الأفعى ، وراحت فقط تردد ترنيمة الطفولة الإنجليزية .

وقد تمكن الدكتور « بروير » من شفاء « أنّا » بأن ساعدها على أن تسترجع ذاكرتها حتى تلك اللحظات المؤلمة ، فاستطاعت أن تنظر إليها وهى فى حالة أكثر هدوءاً إلى حد بعيد وأن تتقبلها . وعند ما تم لها ذلك ، وجدت أنها استطاعت تحريك ذراعها كما استعادت قدرتها على التكلم بالألمانية .

وكان « فرويد » أول من تنبه إلى أهمية الطريقة التى أدت إلى شفاء « أنّا » . واتخذ هذه الحالة نموذجاً يحتذيه فى معالجة مرضاه العصابيين . وبمرور الوقت تمكن « فرويد » من الاستغناء عن التنويم المغنطيسى ، ولجأ إلى طرق أخرى لإدخال تحسينات على هذه الوسيلة الأساسية من التقدم إلى مرضاه . وكانت النتيجة مولد علم جديد هو علم التحليل النفسى (Psychoanalysis) .

والتحليل النفسى يشمل فهماً جديداً للطريقة التى يعمل بها العقل البشرى ، علاوة على أنه طريقة جديدة لعلاج حالات الخلل العقلى . ومن أهم الآراء التى يبينها التحليل النفسى أن غالبية أفكارنا وانفعالاتنا لا شعورية ، أى خارجة عن نطاق سيطرتنا وتوجيهنا الشعورى . وملخص هذا أن أفكارنا ووجداننا الشعورى لا تشكل سوى جزءاً يسيراً من مجموع قوانا العقلية . وقد شبه « فرويد » العقل الإنسانى بكتلة الجليد الطافية ، التى لا يظهر منها سوى جزء صغير فوق سطح الماء .

ويمكنك أيها القارىء أن تتثبت بنفسك وعلى الفور من قيام الجانب اللاشعورى من عقلك بالعمل . تنبه إلى ما تصنع بأصابعك وأنت تقرأ هذا الكتاب . أتدق بها على المنضدة ؟ أم تعبث بها بشعر رأسك ؟ وهل تقضم أظافر أصابعك ؟ أم أن أصابعك تلعب بأحد الأقلام الحبر أو الرصاص ؟ فما لم

تكن قاصداً القيام بهذه الأعمال ، فان من الصواب أن نقول أن الجزء اللاشعوري من عقلك هو المسئول عن حدوثها .

ومن الآراء التي يقول بها التحليل النفسي أن جميع الأمراض العصابية وأعراضها تأتى من الجانب اللاشعورى من العقل . وتبين نتيجة لذلك أنه يمكن معالجة الأمراض العصابية بإخراج الأفكار من نطاق اللاشعورية إلى نطاق الشعورية . وإذا عدنا إلى حالة « أ٠نا » لوجدنا أنها شفيت بعد أن خرجت ذكرياتها الخاصة بوفاة والدها من عقلها اللاشعورى (الباطن) إلى عقلها الشعورى (الظاهر).

وإذا كان لابد أن تعالج الأمراض العصابية عن طريق إخراج الأفكار من العقل الباطن إلى العقل الظاهر ، لأصبح من الضرورى البحث عن طريقة للنفاذ إلى ذلك العقل الباطن . وقد وجد « فرويد » طريقة ينفذ بها إلى أعماق اللاشعور . وأصبحت هذه الطريقة جزءاً هاماً من التحليل النفسى ، وأطلق عليها إسم « الإرتباط الحر » . وتتلخص هذه الطريقة فى أن « فرويد » كان يطلب من مرضاه أن يرقدوا باسترخاء ويطلقوا لأفكارهم العنان ، ويرددون كل مايتوارد على أذهانهم . لأنه كان يرغب الاستماع إلى كافة ذكرياتهم وأحلامهم ورغباتهم ونزواتهم . فكان يجد من ثنايا أحاديثهم أنهم ينتزعون ذكرياتهم المؤلمة من عالم اللاشعورية — وهى الذكريات التى ظلت لمدة طويلة حبيسة فيه .

ولكل منا ذكريات يحتفظ بها حبيسة داخل أعماق مختلفة من عقله الباطن . وهناك أيها القارئ تجربة بسيطة سوف تعطيك فكرة عن مدى العمق الذى تدفن فيه ذكرياتنا . أعد قائمة من عشرة أسماء تتضمن أمثال الكلمات الآتية : أم ، مدرسة ، كنيسة ، تقبيل ، صفح . . . ألخ ، ثم اطلب من أحد أصدقائك الاشتراك معك فى التجربة . واتل عليه الكلمات السابقة كلمة كلمة واطلب منه أن يرد على كل كلمة ، عقب سماعه لها مباشرة ، بأول كلمة مناسبة ترد إلى ذاكرته. واحسب عدد الثوانى التى يستغرقها عثوره على كلمة مناسبة ترتبط بكل كلمة تقولها له . وستجد أن بعض الإجابات تأخذ أوقاتاً أطول من غيرها إلى حد

كبير . وكان « فرويد » يعتقد أن الإجابات التى تبطىء عن غيرها فى المجىء تكون مرتبطة بطريقة ما بتجارب وذكريات مؤلمة أو غير سارة . وسوف تلاحظ فى بعض الأحيان إنعدام الصلة بين بعض الكلمات والإجابة عليها . وهذه الإجابات قد تكون أيضاً مرتبطة نوعاً ما بذكريات غير سارة . ولا يمكن لأى شخص أن يعرف الشىء الكثير عن الشخصية التى أمامه باستعمال « طريقة الارتباط الحر » هذه . ولكن هذه الطريقة فى يد المحلل النفسى المتمرن تصبح أداة قيمة لا تقل قيمتها عن السماعة فى يد الطبيب .

وقد تكون حالات السهو والخطأ التى تحدث لنا فى حياتنا اليومية ، مسلية فى بعض الأحيان ، أو مقلقة فى أحوال أخرى — وقد تتيح رؤية لمحات ساحرة فى عقلنا الباطن فى بعض الحالات . فهل حدث لك أيها القارىء أن نسيت فى إحدى المرات رقم تليفون تعرفه تمام المعرفة ؟ وهل حدث أن قابلت « فلاناً » يوماً ما وناديته باسم غير اسمه ؟ وهل حدث لك أن نسيت مرة كتاب الرياضة وفيه واجب منزلى عليك إنجازه ؟

إن حالات النسيان والخطأ هذه ، كما كان يفسرها « فرويد » — هى حالات صراع بين العقل الباطن (اللاشعورى) والعقل الظاهر (الشعورى) . وهو يرى أن نسيانك لرقم التليفون الذى حاول عقلك الشعورى أن يتذكره لابد له من سبب . وقد يكون السبب أى شىء ، من عدم ارتياحك إلى الشخص الذى كنت ستطلبه بالتليفون إلى ذكريات حديثة عن محادثة تليفونية سابقة سببت لك شيئاً من المضايقة .

ويسهل فى بعض الأحيان الاستدلال على الفكر اللاشعورى عندما يتدخل فى الرغبة الشعورية . من ذلك مثلاً حالة الفتاة التى لم تبلغ العشرين ربيعاً عندما وجهت سؤالاً إلى والدتها قائلة « هل كنت تحضرين أمثال هذه الحفلات عندما كنت صغيرة ؟ » وليتخيل القارىء رأى هذه الفتاة فى أمها !

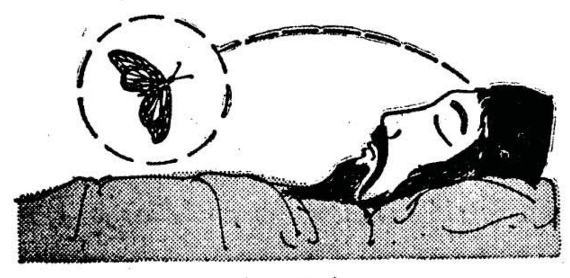
ويذكر فرويد مثلا آخر نتج عن خطأ مطبعى . فقد جاء فى مقـال نشرته إحدى الصحف المعادية للملكية عن العائلة المالكة خبراً شمل « جملة Clown Prince » (أى الأمير البهلوان بدلاً من « Crown Prince » أى ولى العهد) . وفى اليوم التالى أصدرت الصحيفة اعتذاراً عن هذا الخطأ وتفسيراً له . إلا أن التفسير الجديد جاء بدوره خاطئاً فقد ورد به أن الجملة المقصودة هى « Crow Prince » (الأمير الغراب) ، ثم تنبهت الصحيفة فى اليوم الثالث إلى هذا الخطأ الجديد ، فصححت الجملة إلى Crown Prince .

وإن مثل هذه الأخطاء التى قد يقع فيها أى منا ، تثبت بلا جـدال تدخل عقلنا الباطن فى عمل عقلنا الظاهر ، فيؤدى مثل هذا التدخل إلى حدوث هذه الأخطاء . ولـكن ما حالة تلك الطالبة (طالبة المدرسة العليا) التى فقدت قلمها الثمين وهى فى طريقها إلى الامتحان النهائى ؟ هل ترضى تلك الفتاة بأن تعترف بأن سبب فقدها لقلمها هو خوفها من الامتحان ؟

وقد يحدث أحياناً أن تصبح حالات السهو والخطأ هذه مسألة حياة أو موت . ومن أمثلة ذلك قصة رجـل دبر خطة للقتل ، بأن تظـاهر بأنه من رجال العلم للحصول على جراثيم سامة من أحد المعامل لاستخدامها فى تنفيذ خطته ، فأرسل خطاباً للمعمل شرح فيه أنه فى حاجة إلى هذه الجراثيم لإجراء أبحاث على « الفئران والخنازير الهندية » . ولو أن قارىء الخطاب كان قوى الملاحظة لأدرك أن الرجل قبل أن يكتب كلمة (mice) أى فئران ، كتب كلمة (men) أى رجال ثم طمسها بالمداد . فهل كنت تستطيع أيها القارىء بعد كل ما قرأته عن الجانب اللاشعورى أن تكتشف خطة القتل التى دبرها هذا الرجل ؟

وكما أن الإنسان دائماً ما يسهو ويخطىء ، فإنه دائماً ما يحلم . وكان فرويد عام ١٩٠٠ أول من قام بدراسة الأحلام دراسة منظمة . وكانت دراسة الأحلام هذه طريقاً آخر للنفاذ إلى العقل الباطن .

والأحلام صورة لنشاط عقلى يتم أثناء النوم . . وتبدو لنا الأحلام فى بعض الأحيان على صورة غير حقيقية أو خلطاً لا نظام له ، وتكون فى أحيان أخرى على درجة كبيرة من الواقعية والوضوح ، حتى إننا نقف عندها شاكين فيما إذا كان ماحدث حلماً أم حقيقة ! وقد عبر عن هذا الشعور أحد شعراء الصين ذات مرة حين قال « حلمت الليلة الماضية أنى كنت فراشة ، ولا أدرى الآن ماإذا كنت رجلاً حلم بأنه كان فراشة ، أم أنى فراشة تحلم الآن أنها رجل » . والأحلام عبارة عن مسرح لعقلنا الباطن تمثل عليه حاجياتنا ومخاوفنا ورغباتنا وآمالنا ادون تدخل يذكر من جانب عقلنا الواعى النائم. وقد حلمت سيدة شابة تدعى «مارى» أنها كانت تتولى قيادة سيارة العائلة القديمة ووالدها راكب إلى جوارها . وعندما وصلت إلى تل شديد الانحدار، كان عليها أن تصعده ، شعرت بأنها لن تستطيع ذلك ، فطلبت من والدها أن يتولى القيادة .



(شكل ٢١)

ويمكن تفسير حلم « مارى » بأنه يعبر عن رغبتها فى أن تصبح كبيرة وتستطيع أن تستقل بنفسها . فالتل يمثل معضلة عجزت عن تحقيقها وحدها . فأبدت فى الحلم شعورها بالحاجة إلى أن تعود طفلة لتطلب مساعدة أبيها . وبذا يكون هذا الحلم عبارة عن تمثيلية لمشكلة « مارى » ، فهى ترغب فى الاعتماد على نفسها ، كما ترغب فى الوقت نفسه فى أن تعتمد على والديها .

وقد حلم رجل شاب يدعى « بارى » بأنه كان يجلس على إحدى الموائد فى وليمة ، وكان موضع إعجاب الحاضرين ، مما جعله يشعر بالغبطة والسعادة . ولكنه

عندما بدأ فى تناول الطعام ، التصق الطعام بسقف حلقه وشرع يختنق ، وعندما استدار لطلب النجدة وجد أن جميع الحاضرين قد انصرفوا ، وبقى وحيداً مشرفاً على الموت .

ففى هذا الحلم يمثل الطعام بالنسبة « لبارى » مباهج الحياة وملاذها . ولكن ماذا حدث عندما بدأ يستمتع به ؟ لقد عاقبه أصدقاؤه ، أى المجتمع ، بأن انصرفوا عنه وتركوه ليموت . ويبدو أن هذا الحلم يظهر خوفه من العقاب لانغماسه فى الملاذ .

وقد قام « فرويد » بدراسة مئات الأحلام ، ووجد أن لها لغة خاصة بها . فلغة الأحلام عبارة عن رموز ، بمعنى أن كل شىء فى الحلم لا يعبر عن نفسه بل يعبر فى الحقيقة عن شىء آخر . فالتل فى حلم « مارى » لم يكن تلاً بالفعل بل كان رمزاً لمشكلة ، وقيادة السيارة كانت رمزاً لرغبتها فى بلوغ سن الرشد والاستقلال . وفى الكثير من الأحيان لا تعنى هذه الرموز شيئاً إلا لشخص واحد . ومع ذلك فقد وجد « فرويد » أن نفس الرموز يتكرر ظهورها فى أحلام مختلف الأشخاص ، فى أوقات وأماكن مختلفة .

فالمنزل رمز من الرموز التى تظهر فى أحلام الكثير من الأشخاص . وقد وجد « فرويد » ، بعد تحليل دقيق للكثير من الأحلام ، أن المنزل يرمز فى الحلم غالباً إلى الجسد . كما وجد أن الملوك والملكات ترمز فى الأحلام إلى الوالدين ، كما ترمز الرحلات الطويلة فى الأحلام إلى الموت . وفى بعض الحالات ، يدل الرمز على عكس ما قد نتوقعه . فإذا حلمنا مثلاً أننا فى زحام شديد فانما يرمز ذلك إلى شعورنا بالوحدة ، كما أن حلمنا بارتداء ملبس أو زى يكون رمزاً معبراً عن شعورنا بالعرى .

وتصبح هذه الرموز عندما يستعملها محلل نفسى متمرن ، أداة قيمة فعالة فى تفسير الأحلام . وعلينا أن نحترس أشد الاحتراس من الكتب التى تصدر عن

تفسير الأحلام، والتي تحتوى على قائمة بالرموز وتفسيراتها افان تفهم العقل البشرى ليس بالشيء البسيط الذى يكتفى فيه بالبحث فى أمثال هذه الكتب عن الرموز ومدلولاتها . والأحلام بالنسبة للطبيب المتمرن هى ومضات يصدرها العقل الباطن للمريض . فهى إذن أداة أخرى من أدوات العلم التى تساعدنا على فهم شخصيتنا وتقبلنا لها .

فعقولنا الباطنة والظاهرة تزودنا بمعلومات وحقائق عن حقيقة أنفسنا وعن الطريقة التى نفكر بها، والتى نتصرف بها،وماهية رغباتنا ومخاوفنا — وبالاختصار، بشخصياتنا . وقد وجد « فرويد » أن شخصية أى فرد تعمل فى اتجاهات ثلاثة . وقد أطلق على كل من هذه الاتجاهات اسماً يدل عليه : وقد أطلق على الاتجاه الأول إسم « الهى » (ID) ويقصد بهذا الاصطلاح الجانب اللاشعورى الحاوى لمجموعة الدوافع الغريزية العمياء الخاضعة لمبدأ اللذة . وأطلق على الاتجاه الثانى إسم « الأنا » (EGO) ومعناها (الشخص كفرد) . أما الاتجاه الثالث فقدأطلق عليه إسم«الأنا العليا» (SUPER EGO) ومعناها الشخص كمثل أعلى. وعلينا ألا ننسى أن هذه الاتجاهات الثلاثة ، عبارة عن طرق مختلفة لعمل العقل أو الشخصية، وأنها لا تمثل أجزاء مختلفة من المخ . وسنذكر فيما يلى ، وبعبارة بسيطة كيف تتجمع جوانب الشخصية المعقدة . فالهى تمثل طفل العقل الباطن المدلل ، لا يهتم بأحد ولا بشيء ، فيما عدا حصوله على المتعة عندما يبتغيها . وهو لا يعرف معنى الخير والشر ، ولا الحق والباطل ، وكل ما يرغب فيه يختطفه خطفاً . والهى أو « أنا أريد » منبع كل طاقات الشخصية . وينبثق منه كل ما يتعلق بالاتجاهين الإنسانيين الأساسيين الحب والبغض .

ويحاول « الهى » دائماً الحصول على مايريد . وإذا لم يتمكن من ذلك بطريقة فعلية واقعية فانه يحاول إقناع نفسه بأنه قد حصل عليه ، كما فى أحلام اليقظة أو التخيلات الوهمية . فالهى مثلاً عند ما يشتهى بعضاً من الحلوى المثلجة،

فانه إما أن يتناول أقرب ماتصل إليه يداه منها أو يتخيل أنه يأكلها — ويكون راضياً فى كلتا الحالتين . وذلك أن الهى لا يمكنه التمييز بين الحلوى المثلجة الحقيقية والخيالية .

اما « الأنا » فهو الذى يميز بين الحقيقة والخيال ، وهو الذى يساعد «الهى» على ذلك بأقل قدر من المشقة . والأنا يمثل الحلقة التى تربط ما بين حاجات الهى ودنيا الحقيقة التى تستطيع تحقيق حاجياته . «والأنا» لا يعمل على تحقيق رغبات الهى فحسب ، ولكنه يعمل على المحافظة على الشخص فى مجموعه . وأحياناً يدع « الأنا » « الهى » يفعل ماشاء ، وأحياناً أخرى يجبره على الانتظار للحصول على حاجته .

وهل سبق أن حدث لك أيها القارىء ما يأتى ؟ هل رأيت فى إحدى المحلات نوعاً من الحلوى الذى كنت تشتهيه كثيراً ؟ إن شيئاً ما بداخل نفسك ، وهو « الهى » ، يدفعك عندئذ إلى اختطاف هذه الحلوى والتهامها ، كما أن شيئاً آخر وهو « الأنا » يجعلك تتريث حتى تشترى هذه الحلوى وتدفع ثمنها . إن « الأنا » كانت تعلم أنك ستتعرض للقبض عليك والوقوع تحت طائلة العقاب لو أنك استجبت لطفلك المدلل « الهى » واختطفت حلواك المشتهاة ببساطة .

أما الجزء الثالث من الشخصية وهو « الأنا العليا » فيمثل ضميرك ومثلك العليا . فبينما ينبع كل نشاط إلهى من اتجاهى الحب والبغض الداخليين ، فان « الأنا العليا » يشكلها العالم الخارجى وخصوصاً الوالدان . فأنهما بما يمنحانك من مكافآت وما يوقعانه عليك من عقاب ، ينقلان إليك ما يعتقدان أنه خطأ أو صواب . « والأنا العليا » تعمل هى الأخرى على تحقيق ما تريد الوصول إليه . وسبيلها فى ذلك أما مكافأة «الأنا» أو معاقبتها . وتنحصر المكافأة فى إحساس « الأنا » بالرضا والفخر ، كما أن العقاب يكمن فى إحساس «الأنا» بالذنب والخطأ . وتبلغ هذه الإحساسات فى بعض الأحيان درجة كبيرة من القوة تدفع الإنسان

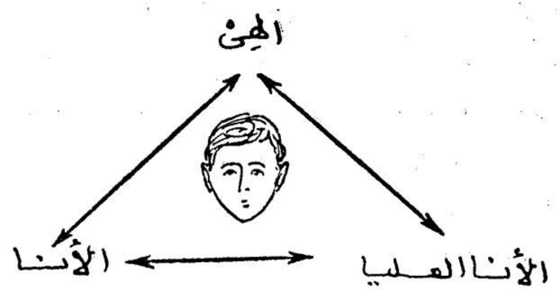
إلى مكافأة نفسه بشراء ملابس أو بدلة جديدة ، أو معاقبة نفسه بصداع أو اضطراب معدى ليس له أى سبب عضوى . وقد يحدث كل ذلك دون أن يدرى المرء عنه شيئاً . هل ألم بك ذات مرة إحساس بالذنب وأنت لا تذكر أنك قد ارتكبت خطأ ما ؟ يبدو أن الإحساس فى مثل هذه الحالة عبارة عن عقوبة وقعها عليك « الأنا الأعلى » لا لذنب ارتكبته ولكن لشىء ما فكرت فى القيام به .

فمجموعة الهى ، والأنا ، والأنا العليا ، أجزاء من شخصيتنا . فالهى أو (أنا أريد) والانا أو (أنا أستطيع) والأنا العليا أو (يجب على أو لا يجب على) قد تتفق معاً فى بعض الأحيان وقد تختلف فيما بينها أحياناً أخرى .

وإذا شبهنا شخصيتنا برحلة جوية ، لوجدنا أن المسافر (إلهى) يقول « أريد السفر بالطائرة إلى شيكاغو » ، فيقول له الطيار (الأنا) « يمكننى أن أطير بك إلى شيكاغو » ، أما برج المراقبة (الأنا العليا) فيقول للطيار (الأنا) « يمكنك أن تطير ، ولكن عليك ألا تطير بسرعة تزيد عن ٥٠٠ ميل فى الساعة » . ويعلم الطيار فى الوقت ذاته عن عاصفة (ضغط خارجى) سيتعرض لها أثناء طيرانه . وهكذا أعد كل شىء لرحلة طيبة . فالراكب « الهى » يعلم إلى أين يرغب السفر ، والطيار « الأنا » قادر على الطيران به بالرغم من اضطراره إلى المرور خلال العاصفة ، وبرج المراقبة « الأنا العليا » موافق على الطيران .

ولكن ماذا عساه أن يحدث لو لم يكن هناك وفاق تام بين هؤلاء الثلاثة ؟ ولنفرض أن المسافر كان مستعجلاً وأراد بالطيار أن يسير بسرعة ٦٠٠ ميل فى الساعة ، فهل على الطيار أن يرضى الراكب ويسرع فى الطيران مخالفاً أوامر برج المراقبة ؟ أم أن الواجب عليه إطاعة أوامر برج المراقبة وإغضاب الراكب ؟ وفى كلتا الحالتين سيكون هناك من يستاء من تصرف الطيار .

ففى أعماق شخصيتنا ، تنشأ مثل هذه الخلافات بين الهى ، والأنا والأنا العليا . فإذا أجاب « الأنا » « الهى » إلى ما يريد فقد يغضب ذلك الأنا العليا .



(شكل ٢٢)

وقد سبق أن ذكرنا بعض الطرق التى تستطيع بها الأنا العليا معاقبة الأنا . ومن جهة أخرى فإن الأنا إذا رفض الاستجابة للهى ، فإن الهى لا يخضع لذلك ، بل يواصل السعى لتحقيق رغبته . ولنوضح الآن بعض الطرق التى يستطيع بها الأنا الدفاع عن نفسه ضد نتائج مثل هذه الاختلافات المدمرة .

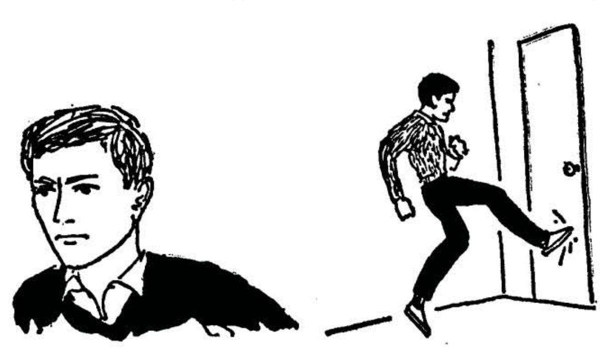
يحتاج الانا إلى العديد من الحيل الدفاع عن نفسه ضد باقى جوانب الشخصية وضد العالم الخارجى كذلك . وتعرف الحيل التى يلجأ اليها الأنا باسم «ميكانيزمات الدفاع» . وعلى الرغم من وجود أنواع عدة من مختلف « ميكانيزمات الدفاع » هذه ، إلا أن كلاً منا لا يستخدم إلا القليل منها المرة بعد الأخرى .

ولنعد لحظة إلى قصة الرحلة الجوية التى ذكرناها . ولنفرض أن الطيار رفض إجابة المسافر إلى رغبته ، فإن المسافر قد يقول إنه سينزل من الطائرة فى « كليفلاند » مادام أنه لن يصل إلى شيكاغو فى الوقت المناسب . وبذا يكون قد تنازل عن رغبته فى الوصول إلى شيكاغو واكتفى بالوصول إلى كليفلاند . وبالمثل ، فإن الهى عندما يجد ما يحول دون وصوله إلى رغبته ، يعدل عنها إلى شىء آخر كبديل لها . وهذا نوع من وسائل الدفاع يعرف بالتصعيد أو الإعلاء (Sublimation) .

ومن أعظم ميكانيزمات الدفاع المفضلة ، طريقة الإزاحة (DisPlacement) . فعندما تحتدم المناقشة بينك وبين أحد أصدقائك ، وتذهب بعدها إلى المنزل

وتصيح فى والدتك ، فإن هذا نوع من الإزاحة . فالإنفعالات التى كانت موجهة إلى شخص ما قد أزيحت ووجهت الى شخص آخر تأمن إليه . فأنت تخشى أن تصيح فى وجه صديقك خشية أن يقول لك « فلتذهب إلى الجحيم » . وبدلاً من ذلك توجه الصياح نحو والدتك التى تثق من حبها لك . وعندما تجد نفسك مرة أخرى تسىء إلى أحد أفراد العائلة ، أوتضرب الباب بقدمك ، أو تقذف بالحجارة ، فلتتوقف لترى ما إذا كان ماتفعله نوعاً من الإزاحة .

وربما كانت أهم ميكانيزمات الدفاع ، تلك التى تحمينا بأن تجعلنا لا ندرى بأن شيئاً غير سار قد وقع . فاللاشعور قادر على استبعاد التجارب والذكريات السيئة من الطريق ، بحيث نصبح على غير علم بها . ويعرف هذا الضرب من ميكانزم الدفاع بالكبت (RePression) .



(شكل ٢٣)

ويضرب لنا « فرويد » مثلاً لحالة كبت حدثت له . فقد كان أحد أصدقائه يحدثه عن مصيف به ثلاثة فنادق . ولما كان « فرويد » قد زار هذا المصيف مراراً من قبل ، فقد أكد بإصرار أن به فندقين فقط . ولما ذكر له الصديق اسم الفندق الثالث ، أدرك « فرويد » أن اسم هذا الفندق قد كبت من ذاكرته الواعية لارتباطه باسم طبيب لا يرتاح إليه .

ومن ميكانيزمات الدفاع الكثيرة الشيوع ، وسيلة شبيهة بالكبت إلى حد ما ، وهى الإنكار (Denial) . فى حالة الكبت يبعد الجزء اللاشعورى من

العقل الأفكار والإحساسات غير المقبولة ، عن الجانب الشعورى منه . أما فى الإنكار فأنت تنكر هذه الأفكار والإحساسات بعقلك الواعى ، مع أنك تعرف الحقيقة ولكنك لا تعترف بها . فكل الأقوال الكاذبة التى يدلى بها الأشخاص لحماية أنفسهم فى المواقف الحرجة ، مع علمهم التام بأنهم يكذبون ، هى أمثلة لطريقة الإنكار . وطريقة الإنكار هذه من أكثر ميكانزمات الدفاع التى يعمد اليها المرضى عند معالجتهم بالتحليل النفسى شيوعاً .

وهل سبق أن حدث لك أيها القارىء أن بدأت عراكاً أو نقاشاً حاداً مع شخص آخر وبررت فعلتك هذه بقولك « إنه يكرهنى ، وكثيراً ما يعمل على مضايقتى ، وليس الذنب ذنبى فى هذه المشاجرة ؟ » إن هذا الموقف الكثير الحدوث قد يكون مثلاً واضحاً للجوء الى ميــــكانزم الدفاع المعروف باسم « الإسقاط » (Projection) . ويستخدم الإسقاط لتخفيف وطأة الضغط على « الأنا » بتغيير موضوع إحساس ما . فالإسقاط يغير « أنا أكرهه » إلى « هو يكرهنى » . كما يغير « ضميرى يؤنبنى » الى « هو يعمل على مضايقتى » وكما تسقط آلة العرض فى السينما ظلالاً على الشاشة ، فإن الاسقاط أيضاً يسقط الأفكار والاحساسات التى نجد صعوبة فى تقبلها وينسبها إلى شخص آخر أو شىء آخر . فالغرض من الاسقاط هو انتزاع المواقف الصعبة التى توجد داخل الشخصية ، ووضعها خارجها حيث يستطيع « الأنا » معالجتها بسهولة أكبر .

ويحدث فى بعض الأحوال أن يحارب الأنا نوعاً من الهجوم حرباً شديدة إلى حد أنه يقلب نفسه انقلاباً تاماً ، متبعاً ميكانزماً فى الدفاع يعرف بالقلب (Reversal) أو يطلق عليه إسم آخر أكثر شيوعاً وهو « التكوين الضدّى » (Reaction Formation) . فهل تعرف أيها القارىء أشخاصاً يغالون فى الأناقة والنظافة ، أو آخرين يغالون فى الكرم والطيبة ، أو فى حب الرئاسة والشدة ؟ وقد يكون الشخص ميالاً إلى القذارة والإهمال ولكنه يشعر فى الوقت نفسه بجرمه

الشديد . فيدفعه « التكوين الضدّى » إلى المغالاة فى الأناقة والنظافة . وقد يشعر شخص ما بكره جنونى للعالم من حوله ، ويحس بخجل شديد من ذلك فيدفعه التكوين الضدى إلى المغالاة فى الطيبة والكرم . ومن الأشخاص من يصاب بالخوف والفزع ، فيعمل « التكوين الضدّى » على تحويله إلى شخص عنيف يسعى دائماً للعراك .

ويستخدم كل منا ميكانزمات الدفاع فى حل معضلاته ومشاكله ، سواء أكانت صادرة عن داخلية شخصيته ، أو ناشئة من الخارج . ويبدأ الطفل منذ ولادته فى تكوين ميكانزمات دفاعه . فيبدأ ، منذ المرة الأولى التى يضطر فيها إلى انتظار الرضاعة ولو دقيقة واحدة ، فى تكوين وتنمية الطرق التى تمكنه من فهم قلقه وتيسيره . ومن أهم الأركان الأساسية فى نظرية « فرويد » ، الخاصة بالتحليل النفسى ، أن تجارب الطفولة تلعب دوراً هاماً جداً فى تكوين شخصية الطفل التى تلازمه طوال حياته .

فالطفل يكاد يكون « هياً » كلية . ولو أن الطفل الحديث الولادة كان قادراً على النطق ، لكانت الكلمات الوحيدة التى ينطق بها هى « أنا أريد ، أنا أريد ، أنا أريد » . وتنمو فيه « الأنا » باطراد تقدمه فى السن ، وبذا يتمكن من معرفة أحسن الطرق التى تمكنه من الحصول على ما يريد . أما « الأنا العليا » فيتم تكوينها فى وقت متأخر ، بعد أن يكون قد أكتسب من والديه ماهية الصواب والخطأ .

وكان « فرويد » يشعر بأن كل عصاب يصيب الشخص البالغ ، يمكن اقتفاء أثره إلى عصاب أثناء الطفولة ، أو إلى بعض التجارب السيئة التى مرت على الشخص أثناء طفولته وتركت أثرها الدائم على شخصيته . وقد أشار « فرويد » إلى أن أهمية النشاط الذهنى والعاطفى للطفل يساء تقديرها . فمن الواجب أن ندع الأطفال تحل بنفسها مختلف المعضلات ، وأن تتعرض لمختلف التهديدات . والأهمية

القصوى لتجارب الطفولة تعد إحدى النقاط القليلة التى اتفقت بشأنها طرق تطبيق التحليل النفسى المختلفة التى نشأت بعد فرويد .

وفى السنوات الأولى من القرن الحالى ، أثار « فرويد » زوبعة عندما أعلن نظريته التى تقول بأن الحافز الجنسى من أهم وأقوى حوافز الشخصية . ولازال الناس حتى يومنا هذا يجدون صعوبة فى قبول هذا الرأى . وربما يرجع ذلك جزئياً إلى سوء فهمهم للمعنى الذي يقصده فرويد «بالجنس» . فالجنس من وجهة نظر فرويد يشمل معنى واسعاً جداً . فهو لا يشمل الحب فحسب ، بل يشمل أيضاً كل ما يبهج الشخص وكل ما يرضيه . وطبقاً لتعريفه فإن حوافز الجنس تؤثر فى كل منا تأثيراً قوياً منذ الطفولة حتى الشيخوخة .

وقد أنجز «فرويد» نصراً من أهم انتصارات العلم الحديث . ولا تزال النظريات التى أذهلت العالم منذ ستين سنة مضت موضع قبول الكثير ممن يعملون اليوم فى حقول علم النفس والتحليل النفسى . وهناك آخرون يؤيدون بعض آراء فرويد الأساسية ويعملون على إنماء وتغيير الجانب الآخر الذى لا يتقبلونه من أرائه . غير أن فرويد فى جميع الحالات هو الصخرة الأساسية التى نما ويشمو عليها كل تفكير لاحق .

الفصل السابع

نظرية النسبية

من الفكاهات الطريفة التي كانت ذائعة منذ بضع سنوات ، القصة التالية : « قيل إن أستاذاً يدعى سميث كتب كتاباً يفسر فيه نظرية النسبية لغير العلماء المختصين » . وعلق بعضهم على الكتاب بقوله : « إن الأستاذ سميث أعظم نبوغاً من ألبرت أينشتاين (Albert Einstein) نفسه . فإن أينشتاين عندما شرح نظرية النسبية للمرة الأولى ، كان عدد من استطاع فهمه من العلماء في العالم أجمع إثنى عشر عالماً فقط . أما شرح الأستاذ سميث لها فلم يفهمه أحد البتة » ! .

ويهمنا جداً بطبيعة الحال ألا نقع في ما وقع فيه الأستاذ سميث . غير أن عدد الراغبين في فهم نظرية النسبية في الوقت الحاضر يزداد يوماً عن يوم ، وقد بلغ ما في مكتبة نيويورك العامة وحدها أكثر من خمسمائة كتاب عن النسبية ! وكان تفسير أينشتاين للنسبية لأول مرة منذ أكثر من نصف قرن صدمة للعالم بأجمعه . غير أنه منذ ذلك الوقت أخذ العلماء ، بل وغير العلماء أيضاً ، يقبلون النسبية كأمر مسلم به .

ونظرية النسبية بزغت بطريق غير مباشر من سؤال طالما بحثه العلماء قروناً عديدة ، وهو كيف ينتقل الضوء من موضع إلى آخر ؟ وما إن جاء القرن التاسع عشر حتى كان أغلب العلماء قد اتفقوا على أن الضوء حركة موجية ، تشبه أمواج البحر وتموجات الصوت . ومع ذلك فان أمواج البحر تتكون من ماء متحرك ، وتموجات الصوت في حاجة إلى هواء أو أي مادة أخرى يمكن دفعها إلى الحركة . ترى ماذا يكون من أمر الضوء ؟ إن الضوء ينتقل أحياناً خلال الهواء ، أو خلال مادة شفافة كالزجاج أو الماء . ولكن ما قصة الضوء الذي يصل إلينا من النجوم ؟

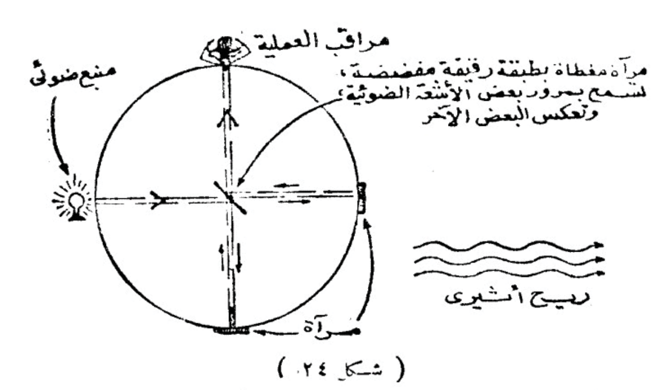
إن الجزء الأكبر من فضائنا الخارجي فراغ تام لا يحتوى على الهواء إطلاقاً . فلا بد إذن أن الضوء قادر على الانتقال فى الفراغ .

ولم يكن العلماء مرتاحين إلى فكرة انتقال تموجات الضوء دون أن تحرك شيئاً ما . ولذلك استنبطوا من بنات أفكارهم ذلك « الشيء » وسموه الأثير . (ولا مناص هنا من التنبيه بأن هذا الأثير لا علاقة له البتة مع مادة الإثير المستعملة فى تخدير المرضى المزمع إجراء عمليات جراحية لهم) . وحازت فكرة وجود الأثير فى كل موضع فى الكون قبولاً ، فهو يملأ الفراغات جميعاً ، ويتخلل المواد على اختلافها . وقيل عنه إنه لا يرى ولا يمكن لمسه ، إذ أنه يمر داخل أجسامنا مباشرة . وقد فسر العلماء انتقال الكهرباء والمغنطيسية خلال الأثير . ونظراً لما كان يبدو من استحالة انتقال الكهرباء خلال الفراغ ، اقتنع الكثيرون بوجود الأثير فعلاً .

وفى عام ١٨٨١ قرر العالمان ألبرت ميكلسون Albert Mickelson (١٨٥٢ ـ ١٩٣١) وإدوارد مورلى Edward Morley (١٨٣٨ ـ ١٩٢٣) ، أن يتحققا من وجود الأثير فعلاً . ونظراً لدوران الأرض حول نفسها وانتقالها فى الفضاء ، فقد توقعا أن هذه الحركة تحدث حتماً « ريحاً أثيرية » . ويمكن تشبيه ذلك بشعور الإنسان وهو يجرى بهبوب الهواء حتى إذا كان الهواء ساكناً .

وفى سلسلة التجارب التى أجراها ميكلسون ومورلى ، أرسلا أشعة ضوئية فى مختلف الاتجاهات على أن تقطع مسافات متساوية تماماً . وكان المتوقع أنه فى حالة وجود ريح أثيرى ، فإن بعض هذه الأشعة يسير بسرعة أكبر بفعل دفع الريح الأثيرى له ، كما أن البعض الآخر ينتقل بسرعة أقل إذ يدفعه الريح فى الاتجاه المضاد . واتبع العالمان منتهى الدقة فى قياس الزمن الذى استغرقه الضوء فى قطع هذه المسافات المتساوية ، أثناء انتقاله فى اتجاه الريح الأثيرى وفى عكس اتجاهه وفى الاتجاه الجانبى . ترى ماذا كانت النتيجة ؟ لقد ثبت أن الضوء يستغرق نفس القدر من الزمن بالضبط ، مهما كان سيره ! فلو أن هناك ريحاً أثيرياً فعلاً ، فإن

وجوده لم يؤثر فى سرعة الضوء . وبهذه المناسبة نذكر أن سرعة الضوء تساوى ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية فى الفضاء .



(شكل ٢٤)

وتقدم كثير من العلماء بتفسيرات يعللون بها أسباب عدم عثور ميكلسون ومورلى على ريح أثيرية . من ذلك تفسير هام تقدم به جورج فيتز جيرالد George Fitz Gerald (١٨٥١ — ١٩٠١). لقد فسر نتائج تجارب ميكلسون ومورلي بأن الأجهزة التى استعملاها تعرضت لأن ينقص طولها أثناء شق طريقها فى الريح الأثيرى . وقارن ذلك بالسفينة التى تصبح أقصر بمقدار تافه أثناء اختراقها الماء بسبب ضغطه على مقدمها .

وقد وجد فيتز جيرالد صعوبة كبرى فى إقناع أى شخص كان بصحة فرضه . ويرجع ذلك إلى استحالة إثبات صحته . وذكر فيتز جيرالد أن أى جسم متحرك يصبح أقل طولاً فى الاتجاه الذى يتحرك فيه ، وكلما ازدادت الحركة سرعة كلما نقص الطول . والاختبار الوحيد الممكن إجراؤه لإثبات صحة هذا الفرض هو وضع مقياس من نوع ما إلى جانب الجسم المتحرك . ولكن المقياس فى الوقت ذاته سيكون متحركاً ، مما يعرضه بدوره لنقص طوله !

وبعد مرور سنتين ، أعطى عالم هولندى يدعى هندريك لورنتز Hendrik A. Lorentz (١٨٥٣ — ١٩٢٨) إلى فيتز جيرالد فى عام ١٨٩٥ قاعدة رياضية تدعم رأيه ، ومن ثم أطلق على هذا الفرض « نظرية فيتز جيرالد

لورنتز » . وأصبح فى الإمكان بعد ذلك استخدام النظرية فى حساب التغير الفعلى فى الطول . من ذلك مثلاً أن السيارة التى تسير بسرعة خمسين ميلاً فى الساعة ، ينقص طولها فيصبح معادلا إلى الطول الأصلى مضروباً فى ٩ ٩٩٩ ٩٩٩ ٩٩٩ ٩٩٩ ٩٩٩ و٠ .
ويعنى ذلك أن طول السيارة قد نقص بمقدار ٠٠٢ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠٠ و٠ بوصة !
ولا جدال فى أن هذا النقص فى الطول ليس ملحوظاً . ولن يكون النقص فى الطول ملحوظاً إلا فى السرعات التى تقارب سرعة الضوء . فلو تصورنا مثلاً جسماً منطلقاً بسرعة ٩٣٠٠٠ ميل فى الثانية ، أى بنصف سرعة الضوء ، فإن طوله يتضاءل إلى ٨٦ فى المائة من طوله الأصلى .

وقد أوحت نظرية فيتز جيرالد عن القصر ، أى انكماش الطول ، إلى أحد الشعراء فكتب أبياتاً فكاهية بالمعنى التالى :

كان هناك ذات مرة شاب صغير يدعى فسك
يضرب الكرة فتطير بسرعة فائقة
ولسرعتها الشديدة المتناهية
فإن الانكماش الفيتزجيرالدى
حول كرته إلى قرص

ودرس العلماء فى شتى أنحاء العالم تجارب ميكلسون مورلى ونظرية فيتزجيرالد ـ لورنتز دراسة وافية . ومن بين الذين شغلوا أفكارهم بهذه الأحاجى مساعد فنى من الدرجة الثالثة بمصلحة حفظ الحقوق المدنية بمدينة برن بسويسرا ، وكان عمره فى ذلك الوقت ستة وعشرين عاماً . وقد حاول الحصول على وظيفة مدرس ، ولكنه لم يوفق إلى الحصول عليها سوى بضع شهور حل فيها محل مدرس انقطع عن عمله لسبب ما . وعلى الرغم من أنه كان يطلق على وظيفته فى مصلحة الحقوق المدنية « صناعة الأحذية » ، إلا أنه كان مرتاحاً إليها لما توفره له من استقرار فى المعيشة ، ولأنها أتاحت له فرصة التعمق فى التفكير فى المشكلات العلمية التى كان يميل إليها بطبعه ميلاً حقيقياً . وهذا الرجل هو العالم الجهبذ ألبرت أينشتاين (١٨٧٩ — ١٩٥٥) .

وقد وجد أينشتاين حلولاً للموضوعات التى شغلت بال علماء ذلك الوقت وألبستهم الحيرة والارتباك . وكان له من النبوغ والفكر المتقد ما أتاح له أن يدرك مدى ما لأعمال ميكلسون — مورلى ، وفيتزجيرالد — لورنتز من أهمية ودلالة . وبفهم جديد متوقد لدنيا الفيزياء استغل أعمالهم كأساس بنى عليه ثورة عارمة فى عالم العلم فى القون العشرين ، ألا وهو « النظرية النسبية » . وتم نشر النظرية فى جزئين : النظرية الخاصة للنسبية عام ١٩٠٥ ، والنظرية العامة للنسبية عام ١٩١٦ .

وقد بنيت النظرية الخاصة للنسبية على عدد قليل من الفروض أو الاعتقادات التى قدمها أينشتاين . وكان الفرض الأول الذى أعطى للنظرية اسمها ، « أن الحركات جميعاً نسبية » . فإذا قلنا مثلاً أن سيارة تسافر بسرعة خمسين ميلاً فى الساعة فإن ذلك لا يعنى شيئاً كثيراً . أما إذا أردنا أن يكون كلامنا أقرب إلى الصحة فإن علينا أن نقول أنها ، بالنسبة إلى الأرض ، تسافر بسرعة خمسين ميلاً فى الساعة . ولكن ذلك لا يدل على السرعة الحقيقية المطلقة للسيارة . فمن المعروف أن الأرض تدور حول محورها وأنها تتحرك فى مدار حول الشمس . والشمس بدورها تدور فى حركة مستديمة ، فهى تلف فى مدار داخل مجرتنا الشمسية[1] (Galaxy) . ومجرتنا ، كسائر المجموعات النجمية المختلفة ، تتحرك خلال الفضاء . وبناء على ذلك فإن من المحال تحديد السرعة المطلقة للسيارة ، إذ لا يوجد فى الكون بأكمله أى شىء غير متحرك . ويعنى ذلك أن الكون لا يحتوى على شىء ثابت لا يتحرك يمكننا أن نستعمله كمرجع ننسب إليه . وعندما نشير إلى سرعة جسم متحرك على الأرض ، فاننا نفترض أن هذه السرعة منسوبة إلى الأرض وإن كان من النادر أن نذكر ذلك صراحة .

وعندما طبق أينشتاين على الأثير نظريته التى تقول أن كل حركة نسبية

(١) المجرة الشميسة تتكون من الشمس والكواكب التى تدور فى فلكها (المترجم) .

توصل إلى نتيجة رائعة ، فقد تبين له أن الكشف عن وجود الأثير أمر متعذر . ولو أن الكشف عن الأثير كان ممكناً ، سواء بواسطة الريح الأثيرية أو بوسيلة أخرى ، فإن ذلك يعني أن الأثير ثابت لا يتحرك . ونظراً لأن « أينشتاين » كان يعتقد اعتقاداً جازماً بكل حركة نسبية فإن هذا يستلزم استحالة وجود شيء فى الكون فى حالة من الثبات وعدم الحركة . أما إذا كان فى الوجود أثير ثابت ، فانه يصبح الشيء الوحيد فى الكون الذى لا يتحرك ولا ينسب لأى شيء آخر ، مما لم يستطع أينشتاين أن يستسيغه . ولذلك ، فعلى الرغم من عدم ذكر أينشتاين صراحة أن الأثير لا وجود له ، إلا أنه أعلن فعلاً بأن الكشف عن وجوده أمر محال .

وتأتى ثانى القوانين الرئيسية فى النظرية الخاصة عن فكرة سبق قبولها منذ مئات السنين . وينطبق القانون عند وجود « مجموعة » من الأجسام أو الناس « فى حالة حركة متماثلة » . والحركة المتماثلة تعنى أن المجموعة إما تتحرك بسرعة ثابتة (بحيث لا يسبق أحدها الآخر أو يتأخر عنه) أو أنها لا تتحرك إطلاقاً . ويفيد القانون أنه ليس هناك تجارب يمكن إجراؤها فى مجموعة فى حالة حركة متماثلة ليستدل منها على ما إذا كانت المجموعة متحركة أم ثابتة .

وفى استطاعة القارىء أن يجرى التجربة الآتية : عندما يستقل سيارة أو قطاراً يسير فى خط مستقيم بسرعة ثابتة ، أى فى حالة حركة متماثلة . ضع قرشاً فى اليد اليمنى ، وارفعها فوق اليد اليسرى مباشرة ثم اسقطه . قد يتوقع القارىء أن الوقت الذى يستغرقه القرش فى السقوط ، تكون فيه السيارة قد حركته إلى الأمام فيقع القرش على الرسغ . إلا أن المشاهد أن القرش يقع في اليد مباشرة . فما دامت السيارة ، والقارىء بداخلها ، يتحركان بسرعة متماثلة ، فإن القرش يسقط بطريقة لا تختلف إطلاقاً عما إذا كان القارىء ثابتاً فى موضعه . ولو أن السيارة كانت خالية من النوافذ ، فإن من العبث إجراء تجربة تفيد راكبها ما إذا كان ثابتاً فى موضعه أو يتحرك بسرعة متماثلة . وأى تجارب يحاولها القارىء وهو ضمن

مجموعة تتحرك بسرعة ثابتة سوف تعطيه نفس النتائج التي يحصل عليها لو أنه أجراها في معمل ثابت على الأرض .

وأخذ « أينشتاين » هذا القانون القديم عن المجموعات التي تتحرك حركة متماثلة ، وأضاف شيئاً جديداً . فقد أدخل القوانين التي تفسر سلوك الضوء ضمن الأشياء التي تبقى على حالتها في المجموعات ذات الحركة المتماثلة . وقال إن سرعة الضوء في الفراغ ، كما تتبين لشخص يلاحظها ، ثابتة لا تتغير على الدوام . وأصبح ذلك حجر الزاوية في النظرية النسبية . وكتب أينشتاين أنه مهما كانت طريقة تحرك مصدر الضوء ، أو تحرك الجسم الذي يقع عليه الضوء ، فان سرعة الضوء تبقى ثابتة تماماً بالنسبة للرائي — وهي ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية .

وتبدو نظرية ثبات سرعة الضوء باستمرار بالنسبة للرائي منافية لما يقبله العقل السليم . فكل إنسان يعرف كيف يجمع أو يطرح السرعات . ولو أنه كان مسافراً في قطار يجرى بسرعة خمسين ميلاً في الساعة ، وسار فيه إلى الأمام بسرعة خمسة أميال في الساعة ، فإن سرعته بالنسبة للأرض تصبح ٥٠ + ٥ ، أى خمسة وخمسين ميلاً في الساعة . وقياساً على ذلك فانه إذا سار نحو مؤخرة القطار نفسه بسرعة خمسة أميال في الساعة ، فإن سرعته بالنسبة للأرض تصبح ٥٠ — ٥ ، أى خمسة وأربعين ميلاً في الساعة .

ويصف أينشتاين في نشرته الأولى عن النسبية حالة لا يمكن فيها إضافة السرعة أو طرحها . فالضوء المنبعث عن إشارة ضوئية بجوار خط السكة الحديد ينتقل بسرعة الضوء ، أى ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية . وعند اقتراب القطار من الإشارة الضوئية ، فإن الرائي الذي يركب القطار يتوقع أن يجد سرعة الضوء المنبعث من الإشارة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية مضافاً إليها سرعة القطار . وبعد أن يتجاوز القطار الإشارة فإن سرعة الضوء المنبعث منها يجب أن تكون بالنسبة للرائي ١٨٦٠٠٠ ميل في الساعة مطروحاً منها سرعة القطار . غير أن أينشتاين يقول إن

سرعة الضوء بالنسبة للرائى يجب أن تظل ثابتة بغض النظر عن كيفية تحركه ، أو السرعة التى يتحرك بها . وبعبارة أخرى فإن الرائى وهو فى مقعده بالقطار سيجد سرعة الضوء ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية بالضبط بغض النظر عن السرعة التى يُقترب بها القطار إلى الإشارة أو يبتعد عنها .

وللخروج بنتيجة من كل هذا الكلام الذى يبدو عديم المعنى ، فان علينا أن نقول أنه مادامت سرعة الضوء تظل دائماً ثابتة فلابد وأن هناك شيئاً آخر يتغير . وقد أكد أينشتاين أن « الوقت » يتأثر بالسرعة . وأضاف إلى ذلك أن مرور الوقت يكون أبطأ فى المجموعة المتحركة ، وأنه كلما ازدادت سرعة الحركة نقصت سرعة مرورالزمن . ولنفرض مثلاً أن سائق صاروخ ضبط ساعته وفق الساعة على الأرض فى الثانية عشر ظهراً . ثم سار فى رحلة خيالية بسرعة ثابتة على طول الخط قدرها ٩٣٠٠٠ ميل فى الثانية بالضبط . وعند هبوطه على الأرض فى الساعة الواحدة حسب الساعة الأرضية ، سيجد أن عقارب ساعته تشير إلى الثانية عشرة وأربع وخمسين دقيقة (ولا مجال هنا لافتراض أن الساعات التى على الأرض أوالتى يحملها معه تنقصها الدقة ، فالمفروض فى هذه القصة أنها ساعات دقيقة للغاية) .

ويتبين من القصة المذكورة أن مرور الزمن يكون أبطأ بالنسبة للمجموعات المتحركة . فعندما يتحرك الصاروخ بسرعة ٩٣٠٠٠ ميل فى الثانية ، أى بنصف سرعة الضوء ، فإن الزمن يتحرك بتسعة أعشار السرعة التى يتحرك بها فقط فى المجموعة الساكنة . ولذلك فان انقضاء ساعة كاملة مقاسة بالساعة التى على الأرض كان يقابلها أربع وخمسون دقيقة فقط فى الساعة التى فى الصاروخ ، والتى لا تقل عنها من وجه الدقة ، وهذا الزمن يعادل تسعة أعشار الساعة .

وتضيف النظرية إلى ما تقدم — « وكأن ما فيه لا يكفى لقلب معتقداتنا القديمة » — أن كتلة الجسم تزداد بازدياد سرعته (والكتلة والوزن يتساويان

فى الحكم : وتعريف الكتلة الدقيق أنها مقاومة الجسم للتغير فى حركته) . فكلما ازدادت سرعة الجسم زادت كتلته . ولتفسير ذلك ، نفرض أن رجلاً وزنه ١٥٠ رطلاً يجرى بسرعة خيالية قدرها ١٦١٠٠٠ ميل فى الثانية ، فإن كتلته أو وزنه تصبح ٣٠٠ رطل .

وبعد أن عرفنا أن الطول والزمن والكتلة تتغير بتغير السرعة ، نصل الآن إلى فكرة من أهم الأفكار التى جاءت فى النظرية الخاصة للنسبية وأكثرها فتنة، وهى أن الكتلة تزداد مع السرعة ، فعندما يتحرك جسم ما بسرعة أكثر فأكثر فإن كتلته تصبح أكبر فأكبر. ولنفرض جدلاً أن رصاصة أطلقت بسرعة ٩ ٩٩٩ ٩٩٩ ٩٩٩ ٩٩٩ ٩٩٩ر٩٩ فى المائة من سرعة الضوء فإن كتلتها تصبح عدة أطنان . وليس هناك من وسيلة معروفة للتخلص من أرقام ال « ٩ » ، وجعل الرصاصة تسير بسرعة تساوى ١٠٠ فى المائة من سرعة الضوء . أما إذا سار الجسم بسرعة الضوء نفسها فإن كتلته تصل إلى ما لا نهاية له . ويحدث الشىء ذاته للطول الذى يتحرك بسرعة الضوء ، فإنه يزداد إلى عدد خيالى يجعله محالاً . ورغم أن أينشتاين قدم لنا عالماً غريباً جديداً ، فإنه لم يستسغ هو نفسه قبول كتلة لا نهائية أو طول خيالى . ولذلك وصل إلى نتيجة فحواها أنه لا يمكن لأى جسم أن يسير بسرعة تربو على سرعة الضوء ، مهما خف وزن ذلك الجسم أو كبرت القوة التى تحركه .
ومن الأشعار الفكاهية الشهيرة التى قيلت فى هذا الموضوع أبيات بالمعنى التالى:

كانت فتاة تدعى جون برايت
تستطيع السفر أسرع من الضوء
وسافرت ذات يوم
على طريقة أينشتاين
ثم عادت فى الليلة السابقة

وكانت النظرية الخاصة للنسبية تفسيراً جريئاً للعالم الذى من حولنا تم

التوصل إليه بدقة وعناية . ولكنها لم تكن على شاكلة النظريات التى يهرع العلماء إلى معاملهم لإجراء اختبارات عليها بمجرد قراءة التقرير الذى نشر عنها . فقد كانت تتعلق بمقاييس أقل ما يمكن أن توصف به أنها ليست مما نستعمله فى حياتنا اليومية .

وجاءت الإثباتات الأولى التى تدعم النظرية من دراسات فى ميدان الفيزياء (الطبيعية) الذرية ، حيث توجد جسيمات دقيقة تسير بسرعات أكبر كثيراً مما أعتدنا قياسه — بل يقارب البعض منها سرعة الضوء . فعند دراسة العلماء للالكترونات ، وهى دقائق داخل الذرة ، تبين أنها تنطلق من بعض المواد بسرعات مختلفة وكتل متباينة . فلم كان ذلك ؟ لقد كانوا يتوقعون أن تكون الإلكترونات جميعاً متماثلة ، ولذلك لم يستطيعوا تعليل تعدد أوزانها المختلفة .

ولفهم هذا الموضوع بصورة أفضل ، طبقوا من « النظرية الخاصة » المعادلة التى تربط ما بين ازدياد كتلة الجسم وازدياد سرعته . وتبين لهم أنه إذا تساوت كتل جميع الإلكترونات ، وهي فى حالة السكون ، فإن السرعات الفائقة المتباينة التى تنطلق بها تفسر اختلاف كتلاتها . وكان ذلك أول برهان عملى للنظرية النسبية الخاصة .

وفى عام ١٩٣٨ تم إثبات شطر آخر من النظرية عملياً . لقد قام هربرت إيفز (Herbert Ives) ، من معامل شركة بل للتليفونات ، بتطوير أجهزة تحرك ذرات الإيدروجين بسرعة ١١٠٠ ميل فى الثانية . ومن المعروف أن كل ذرة تتذبذب بسرعة معينة عند سيرها . وسرعة ذبذبة الذرة من الوسائل التى يقاس بها الزمن . وعلى الرغم من أن ١١٠٠ ميل فى الثانية لا تعتبر سرعة كبيرة بالقياس إلى سرعة الضوء (ويذكر القارىء أنها ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية) إلا أنها أتاحت فرصة طيبة للتحقق مما إذا كان مرور الزمن يبطىء حقاً بزيادة السرعة . واكتشف

إيفز فعلاً أن ذبذبة الذرات تكون أبطأ وهى تتحرك بسرعة ١١٠٠ ميل فى الثانية منها وهى ساكنة .

وتوصل أينشتاين عن طريق أبحاثه فى النظرية الخاصة ، إلى أشهر معادلة فى دنيا العلوم إطلاقاً ، وهى ط = ك ع^{٢} . ومنطوق هذه المعادلة بالكلمات العادية أن الطاقة تساوى الكتلة مضروبة فى مربع سرعة الضوء . وقد اتبع فى تفكيره الخطوط التالية : من المعروف أن كتلة أى جسم تزداد بازدياد حركته . والحركة فى حد ذاتها صورة من صور الطاقة تعرف بطاقة الحركة (ومن الأمثلة البسيطة لطاقة الحركة « البندول » ، فهو يستمد طاقته من حركة التأرجح) . فإذا كانت الكتلة الزائدة وليدة الحركة الزائدة ، فإن هذا يعنى أن للطاقة كتلة فعلاً !

وعمل أينشتاين على حل الناحية الرياضية المتصلة بهذه الفكرة ، وتوصل إلى أن الكتلة تساوى الطاقه مقسومة على مربع سرعة الضوء ، ويعبر عن ذلك بطريقة أخرى بالرموز التالية ط = ك ع^{٢} . وهكذا أظهرت النظرية الخاصة أن المادة والطاقة ليسا بالأمرين المختلفين تمام الاختلاف كما كان الإنسان يعتقد قروناً طويلة ، بل الواقع أن فى الإمكان تحويل الواحدة إلى الأخرى .

يالها من معادلة صغيرة فى ألفاظها بالغة فى مدلولها ! وإذا أخذنا مثلاً واحداً لإيضاح ذلك ، فليكن أن (ط = ك ع^{٢}) أساس القنبلة الذرية . ولكن القنبلة الذرية بكل ما أوتيت من قوة هائلة وجبروت لا تحول أكثر من جزء من عشرة من واحد فى المائة من كتلتها إلى طاقة . ومن العجب العجاب أنه لو كان فى مقدورنا أن نحول الكتله بأكملها إلى طاقة ، لكان فى رطل واحد من الفحم الحجرى ما يكفى لمد الولايات المتحدة بأكملها بحاجتها من الكهرباء لمدة شهر كامل ! فإحراق الفحم الحجرى ليس تحويلاً للمادة إلى طاقة . بل الواقع أنه تفاعل كيماوى يترك من الرماد والغازات ما يعادل فى كتلته الفحم من قبل .

ولم تبحث النظرية الخاصة إلا مجموعتين في حالة حركة منتظمة . ونشر أينشتاين بعد ذلك « النظرية النسبية العامة » عام ١٩١٦ ، وهي تنطبق على المجموعات التي تتحرك بعجلة منتظمة [١] ، حيث تزداد سرعة إحدى المجموعات أو تتناقص بالنسبة لغيرها .

وللمساعدة على فهم هذه النظرية سندعو القارىء ليركب معنا عدداً من المصاعد الخيالية . وسنختار مصعدنا من نوع خال من النوافذ حتى يتعذر على من بداخله أن يروا أين هم كما أننا سندعو أحد العلماء ليشترك معنا في رحلاتنا ويشرح لنا ما يحدث في المصعد .

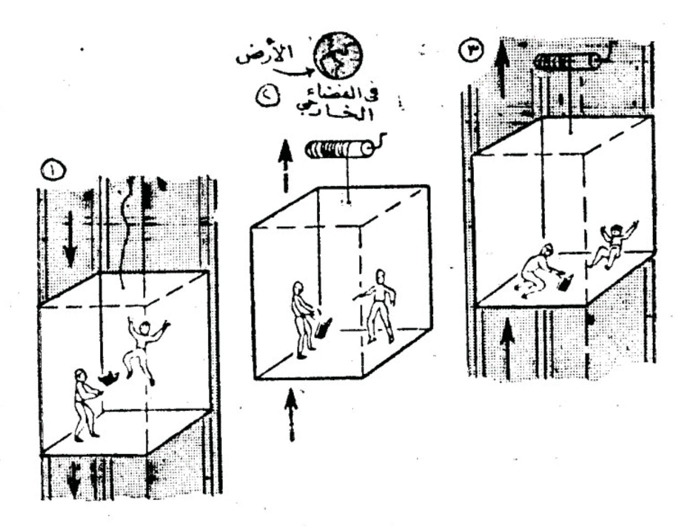
وسنبدأ أولاً بجذب المصعد إلى قمة عمارة شاهقة البنيان ، ثم نقطع الحبال التي تربطه ونتركه يسقط دون عائق . سيشعر كل من بداخل المصعد بحالة انعدام الوزن ، لأن المصعد يهبط من تحت قدميه مما يجعل وزنه على أرض المصعد معدوماً . وإذا أسقط أحدهم كتاباً فسوف يبدو عائماً في الهواء ، لأن المصعد وركابه يهبطون بنفس السرعة التي يسقط بها الكتاب . أما إذا وثب أحدهم إلى أعلى ، فسوف يطفو ببطء نحو السقف .

وسوف يلتفت الركاب جميعاً نحو رجل العلم ليفسر لهم ما يجرى . والواقع أنه لا يدرى شيئاً عما يحدث للمصعد نفسه . إنه يقول لعل المصعد يسقط سقوطاً حراً (أى دون أن يحتك بجسم آخر في الطريق) ، كما هو حادث بالفعل ، مما يفسر كل ما يجرى داخله ، أو أنه موجود في الفضاء الخارجي خارج نطاق الجاذبية الأرضية . ففي أى من الحالتين تحدث الأشياء نفسها بالضبط داخل المصعد .

والآن فلننتقل بمصعدنا الخيالي إلى الفضاء الخارجي حيث ينعدم أثر الجاذبية

---

(١) الجسم المتحرك بعجلة منتظمة تزداد سرعته بانتظام ويعرف ذلك بعجلة تسارع ، أو تتناقص بانتظام ويعرف ذلك بعجلة تباطؤ (المترجم) .



(شكل ٢٥)

الأرضية ، ثم نشده إلى أعلى بأسلاك معلقة فى قمة خيالية . إن الركاب جميعاً يشعرون هذه المرة بالوزن الفعلى ، والكتاب سوف يسقط إلى أرض المصعد عند تركه ، أما القفز إلى أعلى فلن يختلف إطلاقاً عنه ونحن على الأرض . والسبب فى حدوث كل ذلك رغم انعدام الجاذبية أن المصعد يشد إلى أعلى نحو أقدام الركاب ، وأنه يصعد ليلاقى الكتاب ، كما أن صعوده يجعل القفز يبدو طبيعياً . وسوف يقول العالم فى تفسيره هذه المرة إن المصعد قد يكون فى الفضاء الخارجى وإنه يشد إلى أعلى ، أو إنه قد يكون ثابتاً دون حراك فى إحدى المبانى على الأرض حيث يكون للجاذبية الأرضية العادية آثار مماثلة تماماً .

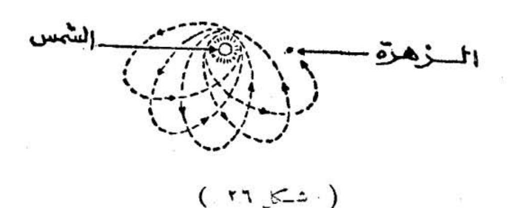
وأخيراً فلنعد بمصعدنا إلى أسفل البناء ، ثم نجعله يصعد بعجلة منتظمة ، أى يتجه إلى أعلى بسرعة يطرد ازديادها . وما دام المصعد يشد نحو الراكب ، فإنه يشعر بأنه أثقل بكثير من وزنه العادى . ويبدو الكتاب أثقل وزناً ، وإذا سقط على الأرض فإنه يرتطم بها بشدة . وهذا الشعور بازدياد ثقل الجسم يجعل الوثب صعباً أو متعذراً . ويستطرد العالم فى تفسيراته فيقول إن ما حدث قد يكون ناتجاً

عن رفع المصعد بعجلة تسارع من مبنى على الأرض ، أو أن المصعد يقف ساكناً على كوكب آخر أكبر كتلة من الكرة الأرضية ، لأن شدة الجاذبية تزداد بازدياد الكتلة .

ماذا أفادتك هذه القصص أيها السيد القارىء ؟ لقد أفادت أينشتاين بأن التفرقة بين الجاذبية ، وقوة حركة عجلة التسارع ، ضرب من المحال . فنى كلتا الحالتين اضطر العالم الذى لم يستطع أن يرى موضعه أن يقول إن الأحداث العجيبة التى تتم داخل المصعد قد تكون ناجمة عن الجاذبية الأرضية ، أو عن حركة بعجلة تسارع . ولم يكن فى مقدوره التأكد بأى حال مما إذا كان السبب هو الواحدة أم الأخرى . وذكر أينشتاين هذا المعنى فى صورة قانون سماه « نظرية التكافؤ » جاء فيها أن قوتى الجاذبية الأرضية والحركة بعجلة تسارع تعملان بكيفية واحدة، وأن من المحال تمييز الواحدة عن الأخرى .

ونظرية التكافؤ تعتبر القلب النابض للنظرية العامة للنسبية .

وقد قدم أينشتاين بنفسه الإثبات الأول للنظرية العامة . لقد كان يعرف أن الكواكب تسير فى مدارها على صورة قطع ناقص حول الشمس . وحيث أن كوكب «الزهراء» هو أقرب الكواكب إلى الشمس وأسرعها سيراً ، فإن مدارها يتحرك أكثر من مدار سائر الكواكب . ويبتعد مدار الزهرة عن موضعه ٥٧٤ ثانية محيطية فى القرن الواحد . (علماً بأن الزاوية القائمة تحتوى على ٣٢٤٠٠٠ ثانية محيطية) . ومن المعروف أن ٥٣١ ثانية محيطية من ابتعاد المدار عن موضعه تعود إلى قوة جذب الكواكب الأخرى . وبذلك يبقى ثلاث وأربعون ثانية لا يعرف

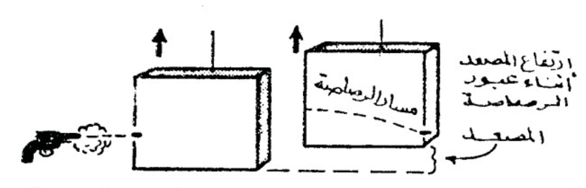


(شكل ٢٦)

لها سبباً . واعتقد بعض العلماء أن ذلك يشير إلى أن كوكباً آخر بالقرب من الزهرة يجذبها خارج مدارها .

ودرس أينشتاين مدار الزهرة مستعيناً بمعادلات مستمدة من نظريات النسبية . وكان يعرف أن سرعة الزهرة أثناء سيرها فى قطع ناقص متغاير ، وهذا يدعو إلى تغير كتلتها ، مما يسبب دوران المدار بأكمله . ولما أتم حساب مقدار الدوران تبين له أن مدار الزهرة يجب أن يتحرك عن موضعه مسافة ثلاث وأربعين زاوية محيطية . ولم يفسر ذلك مدار الزهرة الذى حار فى أمره الفلكيون فحسب ، بل أعطى برهاناً واضحاً للنظرية النسبية العامة .

ولنعد الآن إلى مصعدنا الخيالى ليمضى بنا فى رحلة أخرى . وستكون هذه المرة فى الفضاء الخارجى ، خارج نطاق الجاذبية الأرضية . وسوف نربط سقف المصعد بحبال من السلك تشده إلى أعلى بعجلة تسارع . وبينما المصعد يشق طريقه فى الفضاء ، إذا بصياد يقطن ما بين الكواكب يظنه طيراً طائراً ويطلق عليه رصاصة . وتخترق الرصاصة المصعد من واجهته الأمامية ، خارجة من الخلفية ، دون أن تصيب أياً من الركاب بسوء . ويفحص العالم الثقبين اللذين أحدثتهما الرصاصة ، فيلاحظ أنها دخلت من موضع أعلى مما خرجت منه . ويفسر ذلك بقوله إن المصعد قد يكون فى الفضاء بعيداً عن تأثير الجاذبية ، وإنه قد شد إلى أعلى أثناء الكسر من الثانية الذى استغرقته الرصاصة فى اختراق المصعد .

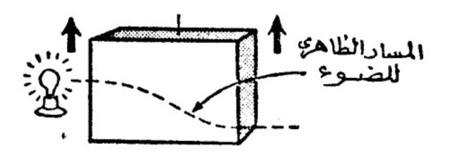


أثناء ارتفاع المصعد تمر الرصاصة فى خط مستقيم ، ولكنها تخترق جداره الخلفى فى موضع أقل ارتفاعاً من جداره الأمامى

(شكل ٢٧)

وقد أعطى هذا التفسير لأن الرصاصة ، بعيداً عن تأثير جاذبية الأرض ، تسير فى خط مستقيم حتى يوقفها شيء ما . ولكن العالم يسترسل فى حديثه فيقول. إن اختلاف ارتفاع الثقبين عن أرض المصعد أمر متوقع لو أن المصعد كان على سطح الأرض ، وشدت الجاذبية الأرضية الرصاصة إلى أسفل أثناء مرورها خلاله .

والآن فلنستبدل الرصاصة بحزمة ضوئية تمر خلال ثقب فى واجهة المصعد . وسوف نلاحظ تكرار الأمر نفسه . فإن موضع الحزمة يعلو عن موضع سقوطها على الجدار الخلفى . وذلك أن الوقت الذى استغرقته فى المرور من حائط إلى الآخر ، تحرك فيه المصعد إلى فوق .



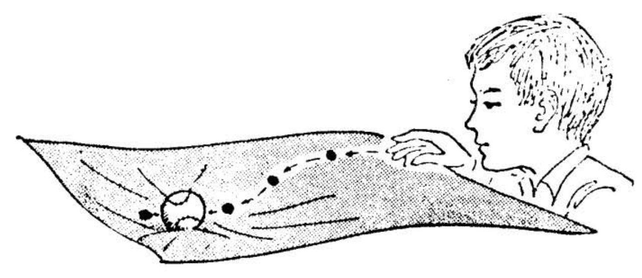
(شكل ٢٨)

وجميع من فى المصعد ، ومن بينهم الأستاذ العالم ، يعجبون الآن غاية العجب مما يشاهدون — حزمة من الضوء تنحنى ! ولا فرق الآن بين كونهم على الأرض أم فى الفضاء . وليس بينهم من يشك فى الأمر . فهم يرون شعاعاً من الضوء ينحنى أثناء مروره خلال المصعد . وما دام العالم لتوه قد فسر انحناء مسار الرصاصة بأنه يرجع إلى الجاذبية الأرضية أو إلى التحرك إلى أعلى بحركة تسارع ، فقد كان عليه أن يكرر القول نفسه عن الضوء ، وأن يقول إن الضوء يمكن أن ينحنى بفعل الجاذبية أو الحركة بعجلة متزايدة .

وخطا أينشتاين بهذه الفكرة خطوة أخرى للأمام . وقد وافق على أن الضوء يمكن أن ينحنى بفعل الجاذبية ، أو بفعل الحركة بعجلة تزايد . ولكنه لم يسترح إلى الفكرة بأكملها التى تقول إن الجاذبية قوة فى مقدورها أن تمتد ثلاثة وتسعين مليون ميل ، من الشمس إلى الأرض ، وتحفظ الأرض فى مدارها .

واقترح أينشتاين طريقة جديدة للتفكير فى الجاذبية ، فقال إن الجاذبية تغير فى واقع الأمر من شكل الفضاء ، محدثة فيه التلال والوديان والحفر والمنحنيات .

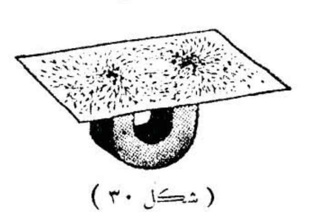
ولو تخيل القارىء الفضاء فى صورة صحيفة رقيقة من المطاط ، والشمس فى صورة كرة خشبية ، فإذا دحرجت الكرة الخشبية على صحيفة المطاط ، دفعت بالمطاط إلى أسفل . وإذا دحرجت الآن كرة صغيرة خفيفة (بلية) على



(شكل ٢٩)

الصحيفة ، فسوف تسير فى الوادى الذى خططته الكرة الخشبية . وقياساً على ذلك ، فعند ما يسير الضوء قرب الشمس ، فإن مسار الضوء يتبع الفضاء الذى شكلته جاذبية الشمس .

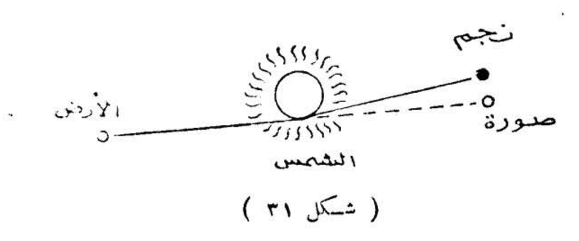
وكما أن الجاذبية تغير الفضاء ، فإن المغنطيسية أيضاً تغير الفضاء . ولتوضيح ما يجرى للفضاء المحيط بمغنطيس يمكن للقارىء أن يجرى التجربة البسيطة الآتية . ضع قطعة من الورق المقوى فوق مغنطيس وانثر عليها شيئاً من برادة الحديد . دق على الورقة المقواة دقات خفيفة ، تشاهد أن البرادة تترتب فى صورة خاصة تبين شكل المجال المغنطيسى . وهذه الصورة تبين الفضاء الذى شغلته برادة الحديد ، والذى أنشأه المغنطيس نفسه .



(شكل ٣٠)

ولـكن كيف يمـكن إثبات أن الضوء ينحنى إذا سار فى فضاء محنى بفعل الجاذبية ؟ لقد أجاب أينشتـاين عن هذا التسـاؤل بوصف برهـان عملى يمـكن تطبيقه . وذلك بأن يصور أولا نجم معين حتى يمكن التثبت من موضعه بالنسبة لغيره من النجوم . وبعد أن تسير الأرض فى مدارها حتى يصبح النجم مرئياً على حافة الشمس ، فإن جاذبية الشمس الجبارة لا بد وأن تغير من الفضاء ، مما يجعل الضوء الصادر من النجم يظهر فى موضع مختلف عما كان عليه فى الصورة الأصلية .

ونظراً لما للشمس من بريق شديد ، فإن رؤية نجم على حافة الشمس لا يمكن أن تتم عملياً إلا فى حالة كسوف الشمس كسوفاً كلياً . ويحدث الـكسوف الـكلى، عندما يقع القمر بين الأرض والشمس، فيحجب ضوءها تماماً عن الوصول للأرض. وجاءت الفرصة الأولى، فى اختبار هذا الجزء من النظرية النسبية العامة ، فى التاسع والعشرين من شهرمايو عام١٩١٩ . فقد حدث فى هذا اليوم كسوف كلى للشمس، كما أن الشمس كانت فى موضع يقـع بين الأرض وبين نجوم تسمى هاييدس (Hyades) من مجموعة من النجوم تعرف ببرج الثور[١] (Taurus) .



(شـكل ٣١)

وكان أينشتاين قد توقع أن تظهر الهاييدس على بعد ١٫٧٤ ثانية محيطية من موضعها العادي . ولوثوقه من صحة نظريته وثوقاً تاماً ، اعتبر أن الموضوع فيما يختص به فى حكم المنتهى ، إلا أن الجمعية الفلـكية البريطانية على الرغم من ذلك

(١) مجموعة من النجوم تشمل الثريا (Pleiades) وغيرها (المترجم) .

ركبت الصعاب وبذلت الكثير من الجهد والمال لتتحقق من صحة النظرية . فأرسلت بعثات إلى البرازيل وأفريقيا الغربية باعتبارهما من خير المواقع التي يمكن مشاهدة الكسوف منها . وعلى الرغم من السحب المتجمعة في ذلك اليوم ، نجحت البعثتان في أخذ صورة جيدة ، وعند مقارنة هذه الصور بالصورة الأصلية تبين لبعثة البرازيل وجود تغير في موضع النجم يعادل ١٫٩٨ ثانية محيطية ، كما اكتشفت بعثة غرب أفريقيا وجود تغير يساوي ١٫٦١ ثانية محيطية ، وهذه الأرقام قريبة لما توقعه أينشتاين قرباً جعلها تعتبر برهاناً على صحة النظرية النسبية العامة .

وكان أينشتاين مطمئناً اطمئناناً تاماً إلى موضوع إثبات نظريته . فبينما كانت الوفود تعمل في أفريقيا وجنوب أمريكا ، بقي هو في برلين ، واستمر يقوم بأبحاثه في معهد القيصر ويلهلم . وهناك قصة شائعة أنه عندما عرضت عليه الصور التي تثبت نظريته استمر يقول « مدهش ، مدهش » . وعندما علق بعضهم بقوله إن من المدهش حقاً أن النظرية قد أثبتت ، رد أينشتاين بقوله إن النظرية ليست موضع دهشته هذه ، بل إنه كان يبدي إعجابه بدقة الصور !

وهذا الرجل البسيط المتواضع «ألبرت أينشتاين» قد أحدث ثورة في التفكير العلمي وقام فعلاً بتغيير شامل لمعتقدات الإنسان . ومع ذلك لم يكن متعالياً إلى الحد الذي يحول دون تقديمه التفسير اللطيف البسيط التالي للنسبية فقال : « إذا جلس رجل مع فتاة جميلة لمدة ساعة ، فإنها ستبدو له دقيقة واحدة . ولكنه إذا جلس فوق موقد ساخن لمدة دقيقة واحدة ، فإنها ستكون أطول من ساعة ، وهذه هي النسبية ! » .

الفصل الثامن

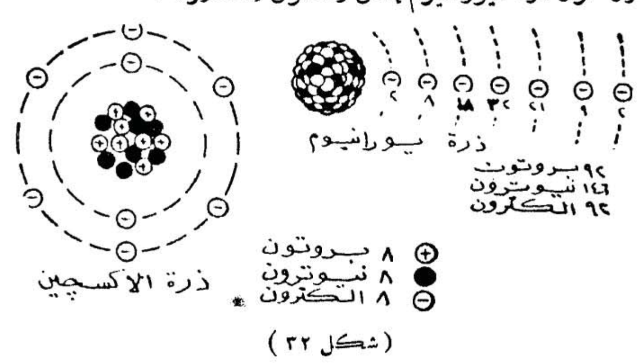
التركيب الذرى

لعل كل من يسعى إلى دراسة الذرات يبدى شعوراً بالعجب البالغ من أمرها . فلا بد أن يتسع خيالنا ليعى أن كل ما فى الوجود من أشياء حية أو ميتة ، كبيرة أو صغيرة صلبة أو سائلة أو غازية ، إنما تتكون من ذرات آية فى الصغر لا ترى حتى بأشد الميكرسكوبات قوة . بل إن التفكير فى وجود عالم صغير حافل بالنشاط داخل كل من هذه الذرات لمما يزيد الأمر إدهاشاً :

وإذا شبهنا محتويات الذرة بسكان مدينة ، يمكننا أن نقول بأن هناك ثلاثة أنواع هامة من « السكان » داخل عالم الذرة ، ألا وهى البروتونات (Protons) ، والنيوترونات (Neutrons) ، والإلكترونات (Elecrtons) . وعدد هذه الجسيمات داخل الذرة يحدد وزنها وخواصها الكيميائية . ومن هذه الجسيمات نوعان يوجدان فى « نواة » الذرة فقط وهما البروتونات والنيوترونات . والنواة هى قلب الذرة المركزى الصغير إلى أقصى حدود الصغر ، والثقيل جداً نسبياً . ولإيجاد وزن الذرات بالنسبة لبعضها ، إذ أن من المحال إيجاد أى وزن حقيقى لها لشدة خفتها ، يعتبر كل من البروتون والنيوترون معادلاً لوحدة وزنية . وعلى ذلك فإن ذرة الأكسجين المحتوية على ثمانية بروتونات وثمانية نيوترونات فى نواتها يكون وزنها الذرى ستة عشر . وذرة اليورانيوم وبها ٩٢ بروتوناً و ١٤٦ نيوتروناً يكون وزنها الذرى ٢٣٨ .

والفرق الأساسى بين البروتون والنيوترون يرجع إلى ما يحملانه من شحنة كهربائية . فالبروتون يحمل شحنة موجبة ، بمعنى أنه ينجذب نحو شحنة سالبة ، ويتباعد عن شحنة أخرى موجبة . أما النيوترون فمتعادل ، أى أنه لا يحمل أى شحنة كهربائية على الإطلاق .

وعلى الرغم من أن وزن الذرة كله يكمن فى نواتها ، فإن النواة ذاتها لا تشغل من الحيز الكلى للذرة إلا قدراً صغيراً جداً . وتكاد الذرة أن تتكون من حيز فارغ . ومع ذلك فعلى أبعاد كبيرة من النواة المركزية ، تدور الإلكترونات حول النواة . ونظراً لتناهيها فى الصغر وللسرعة الفائقة التى تدور بها ، فإن هذه الإلكترونات المتحركة لا تعتبر جسيمات ، بل نوعاً من المدارات أو الغيام المحيط بالنواة . وللدقة المتناهية للالكترونات فإن وزنها يبلغ جزءاً من ألفين من وزن البروتون أو النيوترون تقريباً . ولتفاهة هذا الوزن فإنه لا يحتسب إطلاقاً عند تقدير وزن ذرة ما . أما من الناحية الكهربائية ، فإن الإلكترون يحمل شحنة سالبة مساوية تماماً للشحنة الموجبة فى البروتون . ونظراً لأن الذرة متعادلة من الناحية الكهربائية ، فإن عدد الإلكترونات بها يكون مساوياً لعدد البروتونات . وهكذا تتعادل الشحنات الكهربائية الموجبة التى تحملها البروتونات ، بالشحنات السالبة للالكترونات . ففى ذرة الأكسجين مثلا ثمانية إلكترونات تدور من حولها ، كما يدور حول ذرة اليورانيوم إثنان وتسعون إلكتروناً .

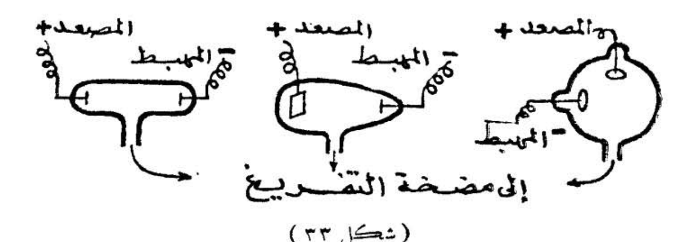


(شكل ٣٢)

وليست فكرة وجود الذرات نفسها ، أو ما يجرى داخلها من نشاط مستديم ، بأقل إدهاشاً من قصة توصل العلم إلى اكتشاف أسرارها . فهى تخبرنا كيف توصل العلماء ، الذين يدرسون جسيمات أصغر من أن ترى أو تلمس أو توزن ، إلى أن يقدموا للعالم نموذجاً واضحاً بالغ الدقة للذرة .

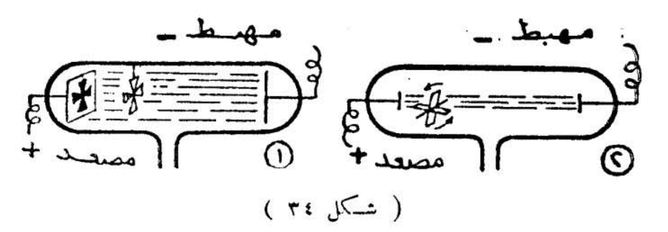
وكان الجهاز الذى أتاح للعلم أن يحصل على لمحة مما فى داخل الذرة لأول مرة ، أنبوبة كروكس التى أنشأها السير وليم كروكس(Sir William Crookes). وجاءت أنابيب كروكس فى عدة صور ، وكانت دائماً من الزجاج وبداخلها صفيحتان معدنيتان فى وضعين متقابلين من الأنبوبة . وكان لها أيضاً عنق دقيق يمكن توصيله بمضخة لتفريغ الهواء . وتوصل الصفيحتان المعدنيتان بدائرة كهربائية ، بحيث تكون إحداها موجباً وتعرف بالمصعد (Anode)،والأخرى سالبة وتعرف بالمهبط (Cathode) . وعند تفريغ هواء الأنبوبة أكثر فأكثر ، ينبثق توهج مختلف الألوان والأشكال يملأ الأنبوبة . ونظراً لما كان يبدو من أن التوهج يصدر من المهبط ، فقد أطلق عليه « أشعة المهبط » .

وافتتن جوزيف جون تومبسون (JosePh John ThomPson) ، مدير معمل كافنديش للأبحاث فى جامعة كمبريدج بإنجلترا ، بأشعة المهبط فى السنوات الأخيرة للقرن التاسع عشر . وبذل تومبسون أقصى مايستطيع من جهد ليتوصل إلى معرفة كل ما يمكنه التوصل إليه عن أشعة المهبط . وفى سلسلة من خمس تجارب استعمل فيها أنابيب كروكس ، ولم يكن البعض منها مبتكراً ، توصل تومبسون إلى فهم جديد للذرة أصاب العالم العلمى بهزة بالغة .



(شكل ٣٣)

ففى التجربة الأولى بطن تومبسون المصعد فى أنبوبة كروكس بمادة كيماوية ، يعرف عنها أنها تتوهج عندما تصطدم بها أشعة المهبط . ثم وضع صليباً معدنياً فى طريق أشعة المهبط ، فشاهد ظلاً واضحاً له على المصعد. وهكذا استنتج تومبسون أن أشعة المهبط تسير فى خطوط مستقيمة .

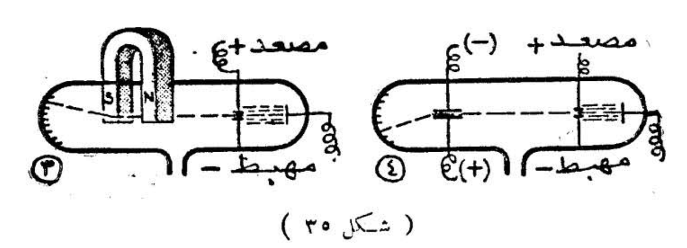


(شكل ٣٤)

وفى التجربة الثانية وضع تومبسون عجلة بها زوائد مستعرضة كالمجاذيف فى طريق أشعة المهبط ، وكانت العجلة فى تركيبها ووضعها متزنة بعناية فائقة . وظهر أن فى إمكان أشعة المهبط أن تدير العجلة . واتضح لتومبسون أن أشعة المهبط فى الواقع ليست إلا حبيبات من المادة ، وليست مجرد أشعة ضوئية .

وفى تجربته الثالثة أعد تومبسون مجالاً مغنطيسياً حول أنبوبة كروكس ، وذلك بوضعه القطب الشمالى والقطب الجنوبى من مغنطيس على كل من جانبى الأنبوبة ، واستطاع أن يلاحظ فى هذه التجربة أن أشعة المهبط ، أو على الأصح أن « جسيمات » المهبط تنحنى بتأثير المغنطيس . ومن طريقة ميل الجسيمات عرف تومبسون أنها محملة بشحنة سالبة .

وفى التجربة الرابعة وضع تومسون صفائح معدنية محملة بشحنات كهربائية على جانبى مسار الأشعة . وبقياس مقدار الشحنة الكهربائية اللازمة لإحناء تيار الجسيمات توصل تومبسون إلى حساب وزنها . وقد وجد أن وزن جسيمات المهبط يبلغ واحداً على ألفين من وزن ذرة الإيدروجين ، وهى أخف ذرات العناصر المعروفة وزناً .



(شكل ٣٥)

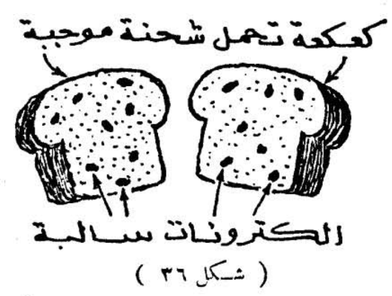
وفى التجربة الخامسة والأخيرة فى هذه السلسلة استعمل تومسون مهابط متباينة الأنواع كما وضع فى أنابيب كروكس مقادير أثرية من مختلف أنواع الغازات . وقد وجد أن الجسيمات فى جميع الحالات تتصرف بطريقة واحدة ، مما حدا به إلى توقع أنها تشكل جزءاً من المادة على اختلاف صورها ، وإلى أنها جميعاً متماثلة .

وهكذا توصل تومبسون إلى أن يلم بشىء من المعلومات عن أشعة المهبط الغامضة . فقد عرف أنها تسير فى خطوط مستقيمة ، وأنها جسيمات من المادة ، وأنها تحمل شحنة سالبة ، وتوجد فى العناصر كلها .

وأخذ يدرس الحقائق الخمس المذكورة . وفى ٣٠ أبريل من عام ١٨٩٧ ، أحس تومسون بأنه توصل إلى تفسير هوية جسيمات المهبط . فتقدم إلى الجمعية الملكية بتقرير أصبح الآن أشهر من نار على علم . وقد جاء فيه أن أشعة المهبط جسيمات من الكهربائية السالبة . وما دامت هذه الجسيمات قد جاءت من داخل الذرة ، استنتج تومبسون أن الذرة ليست غير قابلة للانقسام ، لأن الجسيمات المحملة بالكهربائية السالبة يمكن أن تنتزع منها بفعل قوى كهربائية . وأردف قائلاً : « إن هذه الجسيمات تتساوى جميعاً فى الكتلة (الوزن) ، وتحمل شحنات متساوية من الكهربائية السالبة ، مهما كان مصدر الذرة التى انتزعت منها . كما أنها من مكونات (أى تكون جزءاً من) جميع الذرات .

يا للعجب ! كان العالم (لمدة مائة عام تقريباً) يؤمن بأن الذرة أصغر وحدة فى المادة ، وأنها لا تحتوى على أى شىء بداخلها ، وأنها غير قابلة للانقسام . وها قد أظهر تومبسون أنه اكتشف جسيمات توجد داخل كل ذرة . وكان تومبسون يطلق عليها أول الأمر « كريات » ، إلا أنه استبدل هذه الكلمة فيما بعد بكلمة « إلكترون » وهو إسم كان قد استعمل قبل ذلك ببضع سنوات بمعنى « حبيبات » من الكهرباء .

واقترح تومبسون على أساس دراساته نموذجاً للذرة — وهو نموذج كعكة محشوة بالزبيب . فالذرة كما جاء فى اقتراحه كرة صماء (تمثلها الكعكة) ، تحمل شحنة كهربائية موجبة ، وبداخل هذه الكرة إلكترونات (ويمثلها الزبيب) منتثرة داخل الكعكة لتكون حلقات أو حلزونات .



(شكل ٣٦)

وتنتقل بنا قصة الذرة التى بسطناها إلى نيوزيلنده . وكان من بين سكانها شاب يدعى إرنست رذرفورد Ernest Rutherford (١٨٧١ — ١٩٣٧) . فى يوم من الأيام بينما كان منشغلاً بزراعة البطاطس ، تلقى خطاباً ينبئه بأنه قبل طالباً لدى الأستاذ « ج . ج تومبسون » . وما إن قرأ الخطاب حتى ألقى بالمعول من يده ، وأقسم ألا يحفر الأرض لإخراج البطاطس بعد اليوم . وذهب إلى حيث قدر له أن يصبح أهم علماء العالم قاطبة فى قصة الذرة .

واهتم رذرفورد أيضاً فى الفترة التى كان فيها طالباً لدى الأستاذ تومبسون



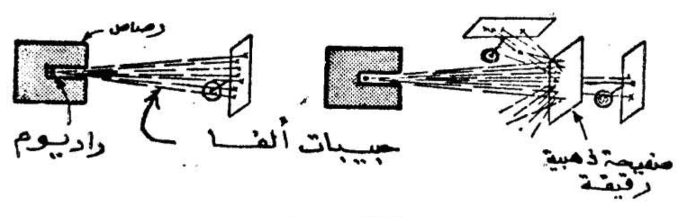
إرنست رذر فورد

(شكل ٣٧)

بالإلكترون . ووجه اهتماماً خاصاً إلى معرفة ماإذا كان فى الذرة شىء آخر يمكنه العثور عليه . وكان يزامله فى أبحاثه فى ذلك الوقت هانز جيجر ١٨٨٢ — ١٩٤٥ (Hans Geiger) المشهور الآن باختراعه لعداد جيجر المعروف باسمه (جهاز لقياس الإشعاع) .

وأجمع رذرفورد وجيجر رأيهما على أن خير السبل إلى معرفة ما تحتوى عليه الذرة ، هو تفجيرها إلى أجزاء . ووقع اختيارهما على نواة ذرة الهليوم لتكون القذيفة التى يحطمون بها الذرة . ونواة ذرة الهليوم ، وتعرف عادة « بحبيبة ألفا » تحتوى على بروتونين ونيوترونين . وحيث أن حبيبة ألفا خالية من الإلكترونات التى تتعادل مع شحنة البروتونات الموجبة ، لذلك فهى تحمل شحنة موجبة قوية .

وكان المدفع الذى يطلق حبيبات ألفا يتكون من قطعة صغيرة جداً من الراديوم . والراديوم عنصر مشع ، يطلق باستمرار أجزاء من الذرة ، ومن بينها حبيبات ألفا .



(شكل ٣٨)

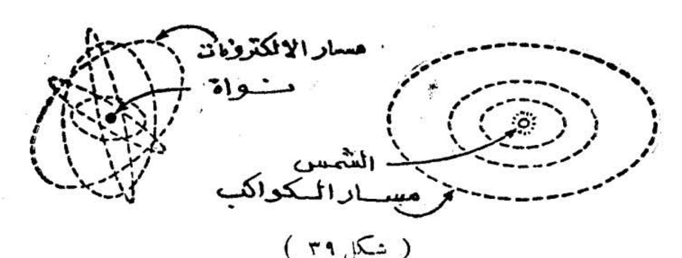
وفى تجربتهما الأولى ، وضع رذرفورد وجيجر الوعاء المحتوى على الراديوم أمام حائل يضىء إضاءة فسفورية ، وتظهر عليه شرارة من الضوء كلما اصطدمت به حبيبة ألفا . وهكذا أمكنهما أن يحصيا عدد ضربات حبيبات ألفا على الحائل . وبعد ذلك وضعا صفيحة رقيقة جداً من الذهب الخالص بين الراديوم المشع والحائل . وكان سمك الصفيحة الذهبية واحداً على مائة ألف من البوصة . ورغم أنها تعتبر رقيقة جداً ، إلا أن الذرات متناهية فى الصغر إلى حد يجعل سمك الصفيحة الذهبية معادلاً لما تزيد عن ألفى ذرة .

ترى ماذا يتوقع القارىء لو أنه دفع بكرة صغيرة يبلغ قطرها نحو نصف بوصة (وهى هنا تمثل حبيبة ألفا) فوق منضدة ملساء ضخمة تحمل عشرين ألفاً من الكور العاجية المتلاصقة بشدة ، والتى يبلغ قطر كل منها بوصتين (وهى تمثل هنا ذرات الذهب في الصفيحة) ؟ لاشك أن القارىء يتوقع ألا تستطيع الكرة الصغيرة اختراق مجموعة الكرات الكبيرة . ولكن النتيجة التى حصل عليها رذرفورد وجيجر جاءت مخالفة لذلك . فقد رأيا ومضات من الضوء على الحائل . وهذا دليل قاطع على أن بعض حبيبات ألفا استطاعت بطريق ما أن تمر خلال ذرات الذهب .

ثم حرك العالمان الحائل إلى مواضع مختلفة ، نحو الجانبين مثلاً ، بل وأمام الستار الذهبى ، وكانت دهشتهما بالغة عندما لاحظا أن الضوء يومض فى جميع الزوايا التى حركا إليها الحائل . وكان هذا فى حد ذاته مثيراً للعجب ، فحبيبات ألفا لم تمر خلال ذرات الذهب فحسب ، بل قفز البعض منها نحو مختلف الجوانب حتى فى عكس الاتجاه الآتية منه مباشرة ، نحو الراديوم المشع . وجاء فى وصف رذرفورد لهذه التجربة قوله: « لقد كانت دون شك أعجب حدث هام وقع لى فى الحياة . وتكاد تكون غير قابلة للتصديق ، فهى أشبه بإنسان أطلق قنبلة من عيار خمس عشرة بوصة على ورق خفيف فارتدت منه وأصابت مطلقها » .

وأخيراً عثر رذفورد فى عام ١٩١١ على تفسير لما حدث . (وكان المشتغلون معه قد عرفوا بفطنتهم أنه توصل الى حل للمشكلة ، لأنه كان معتاداً كلما توصل إلى حل مشكلة مستعصية ، أن يغنى أغنية معينة بأعلى صوت تخرجه حنجرته) . ويتلخص التفسير الذى قدمه فيما يلى : تتركب الذرة من قلب مركزى صغير جداً ، ثقيل الوزن ، يسمى النواة . وعلى بعد كبير جداً خارج النواة توجد الإلكترونات التى تنطلق بسرعة بالغة فى حركة دائرية ، وتسير كل منها فى مدار معين . وتختلف الإلكترونات فى السرعة التى تدور بها .

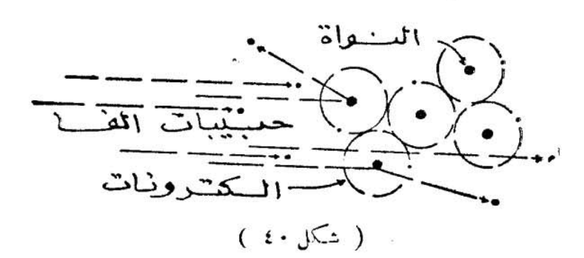
وأجرى رذرفورد مقارنة بين تركيب الذرة والمجموعة الشمسية ، بدلاً من



(شكل ٣٩)

الكعكة المحشوة بالزبيب التى اقترحها تومسون . وشبه وجود النواة فى مركز الذرة بالشمس فى مركز المجموعة الشمسية ، ووجود الإلكترونات التى تدور حول النواة على أبعاد كبيرة جداً منها بوجود الكواكب السيارة فى مداراتها على أبعاد شاسعة جداً من الشمس .

ولو كانت الذرة ، الى حد كبير كرة جوفاء ، فإن ذلك يعلل مرور حبيبات ألفا خلال الصفيحة الذهبية . ولو كان مركز هذه الكرة يحتوى على قلب ثقيل ، أو نواة تحمل شحنة كهربائية موجبة ، فان ذلك يسبب انحراف بعض حبيبات ألفا المحملة بالكهربائية الموجبة ، كما يسبب رد قلة منها تصطدم بالفعل بنويات ذرات الذهب . (ومن المعروف أن الأجسام التى تحمل شحنات كهربائية متماثلة ، سواء أكانت موجبة أم سالبة ، تتنافر . فى حين أن الشحنات المختلفة ، أى الموجبة مع السالبة أو السالبة مع الموجبة ، تتجاذب) .



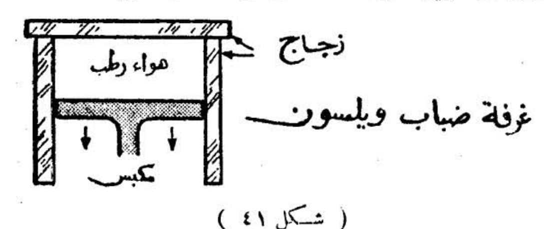
(شكل ٤٠)

وعلى الرغم من أن رذرفورد أصبح الآن ملماً بصورة تقريبية بشكل الذرة وتركيبها ، إلا أنه ما زال هناك الكثير من الأسئلة الغامضة التى لا بد من البحث

عن إجابة صحيحة لها . ترى مم تتكون النواة ؟ وكيف تتعادل الشحنات السالبة التى تحملها الإلكترونات ؟

وفى محاولة للاجابة عن هذه الأسئلة أجرى رذرفورد تجربة أخرى . وكانت تشبه تجربته الأولى من حيث استعمال حبيبات ألفا ، ولكنها اختلفت عنها فى أن حبيبات ألفا الصادرة من إشعاع الراديوم صوبت نحو قليل من غاز النتروجين ، بدلاً من الذهب .

ومن الأجهزة الهامة التى استعملها ، غرفة الضباب التى اخترعها ويلسون (C. T. R. Wilson) . وتتكون غرفة الضباب أساساً من إناء مملوء ببخار الماء . ويتكون قاع الإناء من مكبس متحرك ، فاذا سحب إلى أسفل فجأة تسبب فى تمدد الهواء داخل الإناء وهبوط درجة الحرارة . فإذا أمررت حبيبات مشحونة بالكهرباء فى غرفة الضباب فى اللحظة ذاتها ، فإن بخار الماء فى طريقها يتكثف ، مما يتيح رؤية وتصوير قطيرات الماء التى تبين مسار الحبيبات .



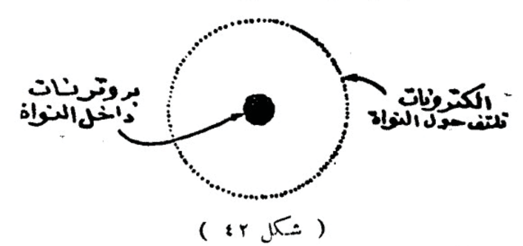
(شكل ٤١)

وحدث ما كان يتوقعه رذرفورد . فإن معظم حبيبات ألفا فى هذه التجربة التى استعمل فيها النتروجين ، مرت فى خطوط مستقيمة خلال كرات ذرات النتروجين ، فى حين أن القليل منها اصطدم فى النويات ووثب فى اتجاه مخالف . وكان فى ذلك برهان آخر على صحة الصورة التى رسمها للذرة ككرة جوفاء ، تتوسطها نواة صغيرة مركزية .

ولاحظ رذرفورد عند إطلاق حبيبات ألفا على ذرات النتروجين وبعض الغازات الأخرى ، أن هناك ذرات من الإيدروجين تحمل شحنات موجبة تتخلف

بعد إيقاف العملية . (وذرة الإيدروجين عادة تحتوى على نواة بها برتون واحد لا تصحبه نيوترونات ، ويدورحولها إلكترون واحد . وإذا أزيل الإلكترون ، لا يتبقى فى ذرة الإيدروجين سوى البروتون بما يحمله من شحنة موجبة) . وأوحت هذه الملاحظة إلى رذرفورد بفكرة من أهم الأفكار التى كشف عنها ، وهى أن ذرات العناصر المختلفة تحتوى على ذرة أو أكثر من هذه الذرات الإيدروجينية التى تحمل شحنات موجبة . وأطلق رذرفورد على ذرة الإيدروجين الحاملة لشحنة موجبة كلمة « بروتون » ، المشتقة من أصل لاتينى معناه « للأول » .

وتوصل رذرفورد الآن إلى رسم صورة أوفى للذرة . ففى المركز يوجد القلب أوالنواة ، ويتكون من حبيبات ثقيلة محملة بشحنات موجبة هى البروتونات . وعلى بعد كبير جداً خارج هذه النواة توجد الإلكترونات الأخف منها إلى أبعد حد ، والتى تحمل شحنات كهربائية سالبة . وهى تدور على الدوام حول النواة ، كما تدور الكواكب حول الشمس .



(شكل ٤٢)

وهكذا فسر نموذج رذرفورد الشيء الكثير عن الذرة . إلا أن أحد طلبته النجباء ، ويدعى نيلز بور Niels Bohr (١٨٨٥ — ١٩٦٢) لاحظ أمراً ، أو مشكلة ، فى حاجة إلى تعليل . فالكواكب التى تدور حول الشمس لا تحمل شحنات كهربائية ، فى حين أن الإلكترونات التى تدور حول النواة تحمل شحنات سالبة . وكان يعرف أن أى جسم يدور، وهو حامل شحنة كهربائية ، يخرج دائماً موجات من الطاقة . وحيث أن إخراج هذه الموجات معناه فقد الطاقة ، فلابد إذن للالكترون بعد فقد ما به من طاقة أن ينهار منضماً إلى النواة . وحسب

« بور » الزمن الذى تستغرقه هذه العملية وإذا به جزء على مائة مليون من الثانية . فكيف يتاح إذن للذرات أن تبقى ، إذا كان لا بد من انهيارها فى كسر من الثانية ؟

وتوصل بور إلى تفسير بناه على النظرية الكمية (Quantum theory)، التى وضعها ماكس بلانك (Max Planck) فى عام ١٩٠٠ . وتفاصيل هذه النظرية خارج نطاق هذا الكتاب ، غير أن فى الإمكان ذكر المبادىء الرئيسية للنظرية بمنتهى الاختصار . فهى تقول إن الطاقة ، التى يبدو أنها مستديمة ، تتكون من وحدات منفصلة تسمى كم (Quanta) . وهى تشبه النظرية الذرية التى تقول إن المادة ، التى يبدو أنها مستديمة ، تتكون من ذرات . ويمكن التعبير عن النظرية بطريقة أخرى وهى أن الطاقة ـ كالطاقة الضوئية أو الحرارية مثلاً ـ لا تنطلق فى صورة تيار مستديم ، بل فى وحدات صغيرة تسمى كم .

واستطاع « بور » أن يجمع بين نموذج رذرفورد للذرة ونظرية بلانك الكمية . ووضع لتحركات الإلكترونات داخل الذرة ثلاث قواعد أساسية وهى :

١ — أن هناك عدداً صغيراً جداً من الممرات التى تستطيع الإلكترونات أن تنطلق فيها حول النواة ، وليس للالكترونات ممرات غيرها .

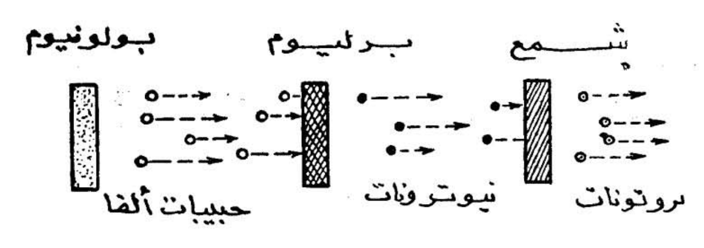
٢ — لا تنطلق من الإلكترونات طاقة طالما كانت تسير فى أحد هذه الممرات .

٣ — لا تفقد الإلكترونات الطاقة أو تكتسبها إلا عندما تثب من أحد هذه المدارات إلى الآخر ، وتكون هذه الطاقة فى صورة كم واحد .

وهكذا فإن الإلكترونات طالما حافظت على البقاء فى مداراتها العادية لا تفقد طاقة ، مما يفسر إمكان الذرة الاحتفاظ بتركيبها .

وبعد وصف « بور » للذرة فى عام ١٩١٣ ، بدا أن الصورة قد أكتملت تماماً . إلا أن النواة على الرغم من ذلك ما زالت غامضة إلى حد ما . فالنظرية التى كانت مقبولة بصفة عامة ، تفيد أن النواة تحتوى على إلكترونات بالإضافة إلى ما بها من بروتونات . وهذه الإلكترونات بطبيعة الحال كانت علاوة على الإلكترونات التى تدور فى المدارات .

وحاول كثير من العلماء أن يكتشفوا تركيب النواة بالضبط . وتوصل ثلاثة منهم ، كان كل منهم يعمل مستقلاً تماماً عن الآخرين ، إلى نتيجة واحد فى عام ١٩٢٠ . وهؤلاء العلماء هم رذرفورد فى إنجلترا ، ووبليام هاركنز (William.D.Harkins) في الولايات المتحدة ، وأوسم ماسون (Osme Mason) فى أستراليا ، وقد توقع ثلاثتهم وجود حبيبة من نوع آخر فى النواة . واجمعوا على أن هذه الحبيبة لها نفس الكتلة (أو الوزن) التى للبروتون ، إلا أنها لا تحمل شحنه كهربائية . وجاء فى وصف هاركنز لهذه الحبيبات أنها « مجموعة ثانية أقل عدداً ، تحمل شحنة كهربائية تساوى صفراً بالضبط » ، وأطلق عليها هاركنز اسم نيوترونات[1] لأنها لا تحمل شحنة كهربائية ، ولذلك فهى متعادلة .



(شكل ٤٣)

وبعد إثنى عشر عاماً من نشر ما تقدم ، اكتشف النيوترون بالفعل أحد تلامذة رذرفورد ، جيمز شادويك James Chadwick (المولود فى عام ١٨٩١) .

---

(١) كلمة نيوترون مشتقة من كلمة Neutral ومعناها محايد أو متعادل ، إذ أنها ليست موجبة (كالبروتون) ولا سالبة كالالكترون (المترجم) .

فقد لاحظ عندما كان يطلق حبيبات ألفا على عنصر البريليوم ، أن بعض الحبيبات انطلقت خارجة من البريليوم وأخذت تقطع مسافات شاسعة ، ولا تحيد عن طريقها بفعل أى من قطبى المغنطيس . ونظراً لأنها لا تتأثر بالمجال المغنطيسى استنتج شادويك أنها متعادلة كهربائياً ، وحيث أنها كانت أيضاً قادرة على أن تضرب البروتونات فتطلقها خارج ذرات أخرى قرر شادويك أن كتلتها تماثل كتلة البروتون . ويمكن تشبيه ذلك بمحاولة دفع كرة (البلياردو [1]) بضربها بكرة مختلفة عنها ، فلو أن الكرة المذكورة كانت أخف كثيراً من كرة البلياردو فقد لا تحركها إطلاقاً ، أما إذا كانت فى نحو وزنها فستحركها حتماً . وأعلن شادويك بناءاً على هذا الإثبات أنه عثر على النيوترون الذى سبق التنبؤ بوجوده منذ إثنى عشر عاماً .

فالنواة إذن لا تحتوى على البروتونات وحدها ، بل تحتوى أيضاً على النيوترونات وهى حبيبات تتساوى معها فى الكتلة ولكنها لا تحمل شحنات كهربائية . وباكتشاف النيوترون يكون التركيب الأساسى للذرة الذى بدأنا به هذا الفصل من الكتاب قد اكتمل .

وهناك نموذجان لوضع البروتونات والنيوترونات فى النواة ، أقترحا حديثاً . ففى النموذج الكروى الشكل تدور البروتونات والنيوترات فى مستويات مختلفة داخل النواة ، مثل ما تدور الإلكترونات فى مستويات مختلفة خارج النواة . وقد نجح هذا النموذج إلى حد بعيد فى تفسير سبب شدة ثبات بعض الذرات ، وكثرة انتشارها بكميات كبيرة فى العالم . وفى النموذج الشبيه بقطرة السائل تصور النواة كقطرة من الماء . وتكون النواة فى هذا النموذج فى شكل قطرة كروية من سائل ، ويعتقد أن لها توتراً سطحياً مشابهاً للتوتر السطحى الذى يحفظ لقطرة

---

(١) لعبة تحتاج إلى مهارة خاصة ، وبها منضدة منبسطة تماماً عليها عدد من الكور الثقيلة المرنة نوعاً ، المتساوية فى الوزن .

المسائل شكلها . وقد اختيرت هذه النماذج ، بصفة عامة، لأنها تسهل لنا تفسير سلوك النواة . ومازال العلماء يواصلون الليل بالنهار سعياً وراء الأدلة التى تتيح لهم اقتراح نماذج أضبط من هذا وذاك ، يفسر النواة تفسيراً تاماً .

هل نفهم مما تقدم أن جميع الذرات متماثلة ؟ لاياسيدى . فمع أن ذرات العنصر الواحد متماثلة ، فان ذرات العناصر المختلفة متباينة . وما اختلافها إلا لاحتواء الذرات على أعداد مختلفة من الحبيبات الرئيسية . فالايدروجين ، وهو أخف العناصر قاطبة ، يحتوى على بروتون واحد لاتصحبه نيوترونات فى النواة ، وعلى إلكترون واحد يدور حولها .

وحيث أن العدد الذرى لأى عنصر يساوى عدد البروتونات والنيوترونات التى يحتوى عليها ، يكون العدد الذرى للايدروجين مساوياً واحداً (أما الإلكترونات لخفيفة نسبياً إلى حد يستدعى تجاهلها عند حساب الوزن الذرى). والعدد الذرى وسيلة لبيان وزن الذرة[١] . ويحتوى الأكسجين على ثمانية بروتونات وثمانية نيوترونات فيكون العدد الذرى له ستة عشر، واليورانيوم ٢٣٥ به ٩٢ بروتوناً ، ١٤٣ نيوتروناً و٩٢ إلكتروناً فيكون العدد الذرى له ٢٣٥ .

وبعض العناصر توجد ذراتها فى صور مختلفة الأوزان تسمى نظائر (isotoPes) وقد ذكرنا فيما تقدم العدد الذرى لليورانيوم بأنه يساوى ٢٣٥ . غير أن هناك يورانيوم آخر يسمى يورانيوم ٢٣٨ ، وتحتوى الذرة منه على ٩٢ بروتوناً و٩٢ إلكتروناً ، إلا أن عدد النيوترونات بها ١٤٦ . وهو من الناحية الكيمائية شبيه باليورانيوم ٢٣٥، ولكن العدد الذرى له أكبر لأن به ثلاث نيوترونات زائدة. فالنظائر إذن ذرات تتساوى نوياتها من حيث عدد البروتونات ، ولكنها تختلف فى عدد النيوترونات .

---

(١) النسبة بين وزن ذرة عنصر ما إلى وزن ذرة الإيدروجين « المترجم » .

وباكتشاف النيوترونات فى عام ١٩٣٢ اكتملت الصورة الأساسية للذرة . غير أن العلماء شرعوا ، بناء على ما ظهر بعد ذلك من نظريات حديثة ، فى وصف حبيبات لم يلحظ أحد على الإطلاق وجودها من قبل ، وإن كانوا يعتقدون بأنها توجد فى الذرة فعلاً . وهكذا ظهر فى الوجود فى الثلاثينات فرع جديد فى علم الفيزياء للبحث فيها أطلق عليه « حبيبات أولية » . وقد علق البعض على غرابة هذا الإسم ، إذ أن هناك حقيقتين فقط فى هذا الميدان : أولاهما أن الحبيبات الأولية ليست أولية بأى حال من الأحوال بل هى بالغة التعقيد ، والحقيقة الثانية أن الحبيبات ليست حبيبات فقط بل يعمل البعض منها كموجات من الطاقة ليست لها أية كتلة !

وكانت أولى الحبيبات التى اكتشفت مماثلة للالكترون ، فيما عدا أنها تحمل شحنة موجبة . وقد اكتشفها عام ١٩٣٢ كارل أندرسون Carl D. Anderson (ولد فى عام ١٩٠٥) ، من المعهد الفنى بكاليفورنيا ، أثناء قيامه بأبحاث فى الأشعة الكونية ، وأطلق عليها اسم بوزيترون (Positron) . وكان قد لاحظ أن بعض الذرات عندما تتعرض لاصطدام الأشعة الكونية بها ، تخرج حبيبة لها خواص الإلكترون تماماً فيما عدا أنها تحمل شحنة موجبة . وسيعرف القارىء السبب فى أنها لم تلحظ من قبل ، عندما يعلم أن فترة بقائها تبلغ نحو واحد على بليون من الثانية !

وفى عام ١٩٣٥ تنبأ هيديكى يوكاوا Hideki Yukawa (ولد فى عام ١٩٠٧) من جامعة كيوتو فى اليابان ، بوجود حبيبة أخرى — الميزون (meson) . وجاء فيما قاله يوكاوا أن الميزون هى الرباط الطاق أو الغراء الذى يربط الحبيبات معاً داخل النواة . وقد عثر كارل أندرسون بدوره على الميزون أثناء أبحاثه عن الأشعة الكونية . وأظهرت الأبحاث اللاحقة أن الميزون نوعان — نوع ثقيل أو « بى ميزون » (Pi meson)، وآخر خفيف أو مو ميزون (mu meson).

وفى عام ١٩٣١ تنبأ فيزيائى أسترالى يسمى وولفجانج باولى Wolfgang Pauli (١٩٠٠ — ١٩٥٨) ، بوجود حبيبة أخرى تشع من بعض العناصر . وكانت حبيبة بلا كتلة . تعمل على التخلص من الطاقة التى كان يبدو أنها تختفى أثناء الإشعاع (أنظر الفصل التاسع) . ولم تكتشف هذه الحبيبة بالفعل إلا فى عام ١٩٥٦، ناتجة من تفاعلات نووية جبارة . وتعرف الآن باسم نيوترينوس (neutrinos)

وعندما يتصادم بوزيترون وإليكترون ، يختفى الاثنان معاً وتنطلق طاقة . ولذلك يعرف البوزيترون أيضاً باسم مضاد الالكترون (antielectron) . وقد أدى ذلك إلى الشك فى وجود حبيبة مضادة لكل نوع من الحبيبات . وثبت أخيراً أن هذا الشك فى موضعه . وأصبح مجموع الحبيبات والحبيبات المضادة التى وجدت داخل الذرة أكثر من الثلاثين .

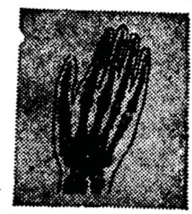
وفيما يلى صورة كاملة للذرة . إن أهم مافيها أساساً البروتونات والنيوترونات داخل النواة ، بالإضافة إلى الأغلفة الخارجية المكونة من الإلكترونات التى تدور فى مداراتها . وبالإضافة إلى ذلك توجد نحو ثلاثين من الحبيبات ومضادات الحبيبات الأولية . والمعلومات التى توصلنا إليها عن تركيب الذرة تساعدنا على فهم بعض الاكتشافات العظيمة ، التى تعتبر انتصاراً رائعاً للعلم ، كاكتشاف الأشعة السينية ، والنشاط الإشعاعى . ويأتى على رأس القائمة أهم الانتصارات جميعاً ، ألا وهو إطلاق الطاقة الذرية .

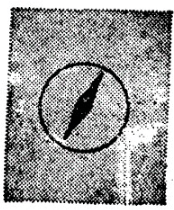


الفصل التاسع

الأشعة السينية والنشاط الإشعاعى

فى اليوم الأول من عام ١٨٩٦ ، تلقى الكثيرون من العلماء فى شتى أنحاء العالم رسائل بالبريد تحتوى على أغرب صور شوهدت من قبل ، وكانت إحدى هذه الصور تمثل إبرة بوصلة داخل صندوقها ! والثانية لمجموعة من الصنجات داخل صندوق مغلق ! والأعجب من هذه وتلك كانت صورة للعظام داخل يد بشرية !



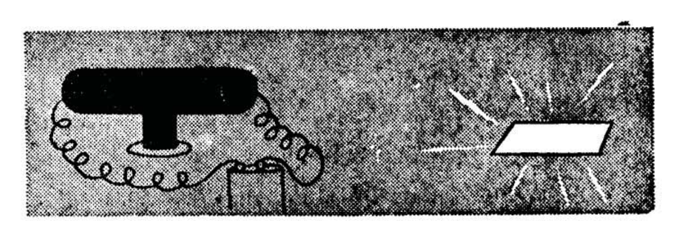


(شكل ٤٤)

وكان ويلهلم كونراد رونتجن (١٨٤٥ — ١٩٢٣) ، (Wilhelm Conrad Rontgen) ، أستاذ الفيزياء بجامعة ويرزبورج بألمانيا ، قد أرسل هذه الصور لكبار علماء الفيزياء . وفى ظرف أسبوعين أصبح مشهوراً فى العالم ، من أقصاه إلى أقصاه ، باعتباره صاحب الفضل فى اكتشاف الأشعة السينية الغامضة .

وكان اكتشاف رونتجن للأشعة السينية وليد المصادفة المحضة ، أثناء دراسات كان يجريها على أشعة المهبط . وكان يستعمل فى تجاربه أنابيب كروكس ، وهى أجهزة عظيمة الفائدة من الناحية العلمية ، وقد سبق استعمالها فى اكتشاف الإلكترون (أنظر الفصل الثامن) . وفى طرفيها صفيحتان معدنيتان متقابلتان هما المهبط والمصعد توصلان بدائرة كهربائية ، وعند إمرار التيار يظهر توهج مختلف الأشكال يملأ الأنبوبة . ونظراً لأن التوهجات كانت تبدأ من صفيحة المهبط فقد أطلق عليها اسم أشعة المهبط .

وفى إحدى التجارب الهامة ، غلف رونتجن الأنبوبة بورق مقوى أسود اللون للتأكد من عدم نفاذ أية أشعة من جوانبها . ثم أطفأ أنوار المعمل وأمرر التيار ليختبر صلاحية غطائه الورقى . وكان من المعروف فى ذلك الوقت أن الأشعة السينية لا تستطيع أن تخترق ما يزيد عن كسر من البوصة من الهواء . ولذلك لم يكن رونتجن متوقعاً رؤية أية أشعة . ولذلك كانت دهشته بالغة عندما شاهد موجات من الضوء الأخضر على المنضدة التى يعمل عليها ، على بعد نحو ياردة من الأنبوبة ! وكان التوهج يصدر فعلاً من حائل من الورق المقوى المغطى بمادة كيمائية ذات وميض فسفورى (أى تومض عند تعرضها لبعض أنواع الضوء ، أو لأشعة المهبط) وكانت الورقة ملقاة أفقياً على المنضدة .



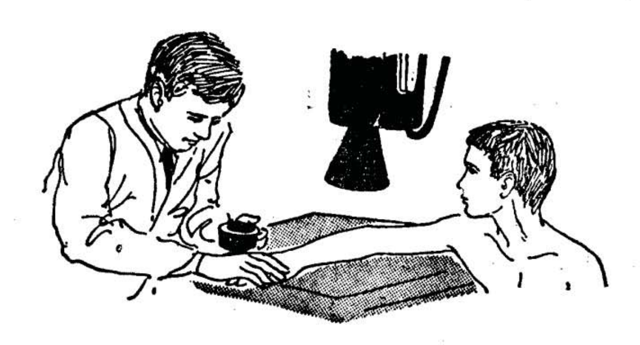
(شكل ٤٥)

ورونتجن عالم قدير لم تكن تفوته فائتة . ولذلك أعد العدة فى الحال ليعلم المزيد عما سبب توهج الحائل ، فأخذ يجرب وضع مواد مختلفة بين الأنبوبة والحائل ، فلاحظ أن الخشب والألمنيوم أضعفا من توهج الحائل نوعاً . أما الرصاص ، فقد أوقفت قطعة منه ظهور التوهج تماماً . وفى يوم من الأيام وضع رونتجن يده فى تراخ بين الأنبوبة والحائل الفلورى ، ولاحظ غرابة شكل الظلال التى تكونت على الحائل . وتنبه فجأة إلى أن الظلال ناشئة عن يده نفسها ، فقد كانت الأشعة التى اخترقتها قادرة على النفاذ خلالها وإلقاء ظلال قاتمة وفاتحة لعظامه ولحمه على الحائل ، وتبين فيما بعد أن الأشعة تنفذ من الأغلفة الورقية التى تغطى الأفلام الفوتوغرافية الحساسة ، ولذلك وضع يده بين الأنبوبة ولوح فوتوغرافى حساس

مغطى، وعند إتمام تحميض اللوح حصل على صورة لعظامه ولحمه، وهكذا استطاع أن يخرج الصور التي سببت هزة بالغة في الدوائر العلمية .

واستمر رونتجن في دراسة خواص هذه الأشعة العجيبة لمدة شهرين . وتبين له أنها تخرج من صفيحة المصعد عندما ترتطم بها أشعة المهبط . ومع ذلك تعذر عليه أن يجد إجابة وافية لجميع الأسئلة التي كانت لديه عن هذه الأشعة . ونظراً لأن الرمز «س» (X في اللغة الأوربية) يرمز دائماً إلى المجهول ، أطلق على الأشعة التي اكتشفها « الأشعة السينية » (X rays) .

وسرعان ما أدرك الأطباء قيمة الأشعة السينية . فقد أصبح في مقدورهم أن يقوموا بتصوير ما كان من قبل مخبأ داخل الجسم ، وفي خلال شهور استعملت الأشعة السينية على نطاق واسع في المستشفيات ، لإرشاد الأطباء إلى مواضع كسر العظام ومساعدتهم على تجبيرها .

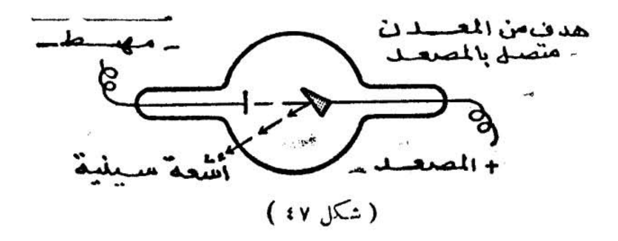


(شكل ٤٦)

ويستعمل الأطباء وأطباء الأسنان الآن أجهزة للأشعة السينية ، تعمل على نفس الأسس التي كانت عليها أنبوبة رونتجن الأولى . وفي الأجهزة المذكورة ، توجه أشعة المهبط نحو هدف من المعدن الشديد الصلابة متصل بالمصعد . وتتجه الأشعة السينية من هذا الهدف لتخترق نافذة في الجهاز وتنفذ خلال الأجسام التي

تعرض لها . وبوضع لوح فوتوغرافى خلف الجسم ، يستطيع الطبيب أو طبيب الأسنان أن يصور ظلال العظام أو الاسنان ، ليستعملها فيما بعد فى التشخيص والعلاج .

وبعد مرور بضعة أسابيع من إعلان رونتجن لاكتشافه الأشعة السينية ، سمع أنتوان هنرى بيكيرل Antoine Henri Becquerel (١٨٥٢ — ١٩٠٨) تقريراً عنها قرىء فى المجمع الفرنسى للعلوم (أكاديمية العلوم) ، وشاهد الصور الأولى المأخوذة بالأشعة السينية فى فرنسا . وكانت له أبحاث طويلة فى موضوع الإضاءة الفسفورية (Flourescence) والبلورات الفلورية (Flourescent Crystals) ، وأوحت إليه الأبحاث التى نشرها رونتجن بفكرة جديدة ، فوجه همه نحو اكتشاف ما إذا كانت البلورات الفلورية بدورها تخرج الأشعة السينية .



(شكل ٤٧)

وكانت الطريقة التى تمخض عنها خياله هى أن يغلف لوحاً فوتوغرافياً حساساً بأوراق سميكة سوداء ، وأن يضع عليها البلورات التى يريد اختبارها ثم يعرضها لأشعة الشمس حتى تتوهج البلورات . فلو أن الأشعة السينية تشع فعلاً من البلورات لأصبح من المؤكد أن تنفذ خلال ورق الغلاف وتؤثر على اللوح الحساس.

واستمر بيكيرل فى اختباراته شهراً جرب فيه عدداً كبيراً من مختلف أنواع البلورات الفلورية . ولم يخب ظنه فقد وجد أن الكثير منها قد أثر فعلاً فى الألواح الفوتوغرافية الحساسة . واقتنع بيكيرل أن الأشعة السينية تشكل جزءاً من الاضاءة الفسفورية .

ومع ذلك قرر الاستمرار فى اختبار مختلف المواد . وفى يوم من أيام الأربعاء استعمل بلورات ملح من أملاح اليورانيوم. وجهز اللوح الحساس ووضع البلورات عليه واستعد لتعريضه لضوء الشمس . ولكن الشمس اختفت فى تلك اللحظة

تحت ستار من الغيوم ، مما اضطر بيكيرل أن يضع لوحه وبلوراته فى درج مظلم. ولم يفتح هذا الدرج حتى يوم الأحد التالى . وإذا بحب الاستطلاع يدفعه لأن يقرر تحميض اللوح ، وكان بيكيرل واثقاً أن البلورات لم تخرج أى أشعة سينية لأنه لم يعرضها لضوء الشمس ، ولذلك توقع أن يجد اللوح خالياً من أى تأثير .

غير أن النتيجة التى حصل عليها كانت على النقيض مما توقعه ! فالبلورات لم تكن مرسومة رسماً خفيفاً على اللوح فحسب ، بل وكانت أوضح مما رآها فى أى وقت من الأوقات . ترى ما السبب ؟ إنه يعرف تماماً أن البلورات لا تخرج إضاءة فسفورية مالم تتعرض للأشعة فوق البنفسجية التى فى ضوء الشمس. وهذه البلورات بالذات لم تكن معرضة للشمس. وحتى إذا كانت قد عرضت ، فإن الإضاءة الفسفورية تنقطع خلال ثانية واحدة بعد إبعادها عن ضوء الشمس . ومع ذلك فإن الصورة الواضحة على اللوح الحساس تبين تماماً أن الأشعة كانت تنهال من البلورات طوال الوقت الذى كانت فيه فى الدرج المظلم .

وأعاد بيكيرل التجربة ذاتها مستعملاً بلورات مختلفة ، فوجد أنه طالما كانت البلورات محتوية على عنصر اليورانيوم ، فإنها تخرج إشعاعاً . وكان يبدو أن إشعاع البلورات أمر مستمر إلى ما لا نهاية ، ولا ينقطع إطلاقاً . وأدى ذلك إلى استبعاد فكرة أن الإشعاع تفاعل كيميائى ، إذ لا بد لكل تفاعل كيميائى أن ينتهى إن آجلاً أو عاجلاً . فما سبب الإشعاع إذن ؟ اعتقد بيكيرل أن عنصر اليورانيوم له شأن فى الموضوع ، ولكنه لم يوجه أبحاثه مباشرة نحو تتبع هذا الخيط ، وانتظر فترة من الزمن .

ـ وكان أن حدث خلال هذه الفترة من الانتظار أن تقدمت مارى كورى Marie Curie (١٨٦٧ — ١٩٣٤) ، وهى طالبة تدرس الفيزياء فى باريس ، بطلب السماح لها بأن تشرع فى دراسة اليورانيوم. وكانت قد حصلت قبل ذلك مباشرة على درجة الماجستير ، وأرادت أن تستمر فى دراساتها للحصول على الدكتوراه . ومن شروط هذه الدرجة أن يقوم الطالب بأبحاث مبتكرة فى مشروع معين . ونظراً لزيادة اهتمام أغلب علماء ذلك الوقت بالأشعة السينية ، رأت أن من الأفضل لها أن تختار موضوع اليورانيوم، حتى تقل فرص توصل أى شخص آخر إلى اكتشافات عن اليورانيوم قبلها .

وكانت مارى كورى فى تلك السنوات، قبيل عام ١٩٠٠ ، تحيا حياة مزدوجة . فهى طالبة فيزياء جادة من ناحية ، وزوجه وفية وأم من ناحية أخرى. وكان زوجها بيير كورى (Pierre Curie) مدرس فيزياء شاب فى مدرسة البلدية للفيزياء والكيمياء الصناعية . وولدت لهما ابنتهما إيرين (Erene) فى ١٢ من سبتمبر عام ١٨٩٧ . وبدأت مارى دراسة اليورانوم بعد ميلاد طفلتها بزمن وجيز .

ولم تتبع فى أبحاثها طريقة التصوير الفوتوغرافى مثل بيكيرل . بل ركزت عملها على خاصية أخرى من خواص الأشعة وهى قيامها بكهربة الهواء الذى تسير فيه . وكان بيير كورى وأخوه جاك قد انتهيا لتوهما من اختراع جهاز محسن لقياس الكهربائية (إلكترومتر) ، تقاس به التيارات الضعيفة جداً فى الهواء . وهذه التيارات تكمل دائرة كهربائية وتسبب انحراف إبرة وبذلك يقاس مقدار التيار بالضبط .

وكان الموضوع الأول لأبحاث مارى أن تتبين ما إذا كانت الأشعة المنبعثة من الراديوم تتأثر بأى شىء . وقد ثبت لها أن اليورانيوم والأشعة التى تنبعث منه ، لا يتأثران بتفاعل كيماوى ولا بحرارة أوضوء أو التعرض للأشعة السينية .

واهتمت بعد ذلك فى البحث عما إذا كانت هناك عناصر أخرى ، بخلاف اليورانيوم، لها مثل هذه الخاصية . وبعد أن اختبرت جميع العناصر المعروفة ، وجدت أن من بينها عنصراً واحداً فقط يخرج إشعاعاً ، وهو عنصر الثوريوم . وهنا وجدت مارى وجوب اختيار اسم لخاصية إطلاق الأشعة ، واقترحت أن يطلق عليها « النشاط الاجماعى » (Radioactitvy) ، وأن تعرف العناصر « بالعناصر المشعة » (Radioactive Elements) .

وأسقط فى يد مارى . فقد اختبرت العناصر المعروفة على بكرة أبيها ، ولم تجد من بينها إلا عنصرين مشعين هما اليورانيوم والثوريوم . ترى ما الخطوة التالية ؟

وكان لدى مدرسة البلدية التى يدرس فيها زوجها بيير مجموعة كبيرة من مختلف الصخور المعدنية . فقررت مارى أن تختبر كل عينة فى المجموعة ، للبحث عما إذا كان بها نشاط إشعاعى ، وكانت تتوقع أن يكون للصخور التى تحتوى على اليورانيوم أو الثوريوم نشاط إشعاعى دون باقى العينات .

وسارت الاختبارات فى الطريق الذى توقعته. وجاء دور البتشبلند (Pitchblende)، وهو الركاز (الخام) الذى يستخرج منه عنصر اليورانيوم ، وهنا اكتشفت أن إشعاع البتشبلند يبلغ أربعة أضعاف القدر الذى توقعته ! وخيل إليها بادىء ذى بدء أنها أخطأت فى بعض خطوات العمل . فأعادت قياس مقدار النشاط الإشعاعى المرة تلو الأخرى . إن القياس الذى أجرته بالغ الدقة ، ولم يعد هناك مفر من أن تفكر فى تفسير واحد وهو أن البتشبلند يحتوى على شئ ما ، أشد فى نشاطه الإشعاعى من اليورانيوم نفسه . ولكن مارى لم تترك عنصراً من العناصر الكيميائية المعروفة إلا واختبرته . فهل يكون فى البتشبلند عنصر جديد ؟

أما بيير ، الذى كان حتى تلك اللحظة لا يتعدى دور الناصح لمارى فيما تقوم به من أبحاث ، فقد رأى أن يترك عمله كلية ليكرس وقته فى مساعدتها . ومنذ

درجة الحرارة فوق درجة التجمد إلا قليلاً . وكثيراً ما أبدى بيير عدم احتماله لمشاق العمل فى مثل هذه الظروف ، ولكن مارى لم تكن لتقبل منه ذلك ، وكانت تعود به سريعاً إلى العمل .

وفى نهاية الأمر أمكن تتبع أثر الراديوم فى مقادير أصغر فأصغر من الركاز ، وأصبح العمل أكثر دقة ، كما أصبح إلى حد ما أشد صعوبة لفقرها فى الأجهزة الضرورية . وأخيراً توصلا فى عام ١٩٠٢ إلى تركيز طن البتشبلند فى عشر جرام ثمين من ملح راديوم نقى . وحسبا وزنه الذرى فكان ٢٢٥ . وهكذا اختتم العمل رسمياً . وبعد كل هذه السنين ، من العمل الشاق المتوصل ، أمكنهما أن يعلنا للعالم أجمع أنه قد تم اكتشاف عنصر جديد هو عنصر الراديوم .

وكان الراديوم أقوى من أقصى تقدير توقعاه — فهو فى نشاطه الإشعاعى أشد من اليورانيوم أكثر من مليون مرة ، وهو لا يخرج أشعة فحسب ، بل يطلق أيضاً حرارة وضوءاً . والراديوم يلون الزجاج ويكهرب ما حوله من هواء . كما أنه يقتل الجراثيم ويعقم البذور . وإذا وضع جزء دقيق منه لا يتعدى رأس الدبوس على فأر من فئران المعمل قتله فى ظرف خمس عشرة ساعة ، وإذا وضع بالقرب من الجلد فإنه يحدث قروحاً مؤلمة كما حدث لبيير كورى عندما عرض ذراعه .

ومنذ ذلك الوقت تعلم الإنسان الشىء الكثير عما للراديوم من قوة خارقة . فالتعرض له باستمرار يسبب مرض الإشعاع الذى يصحبه ضرر كبير للجسم ، والأطفال الذين يولدون للأشخاص الذين تعرضوا للراديوم ، يصابون أيضاً بكثير من الشوائب الناتجة عن الإشعاع ، ومن ناحية أخرى فإن له تأثيراً شديداً فى علاج بعض أنواع السرطان . وذلك أنه يقتل خلايا السرطان بأسرع مما يقتل الخلايا السليمة .

شهر مايو عام ١٨٩٨ إلى أن وافاه الأجل بعد ثمانى سنوات فى حادثة سيارة فى الطريق ، كان بيير ومارى كورى يعملان معاً كأنهما شخص واحد . وأخذا يقتبعان معا العنصر الذى اعتقدا بوجوده فى البتشبلند. وتتبعا الخطوات الكيميائية من غلي وطهى وترشيح وفصل لجميع العناصر المعروفة التى فى عينة البتشبلند . وعندما ضاقت الحلقة التى يبحثان فيها ، اتضح لهما أن مصادر الإشعاع بها لم تكن قاصرة على مصدر واحد ، بل على مصدرين . وفى عام ١٨٩٨ اكتشفا أحد المصدرين، وكان أقوى من اليورانيوم بنحو مائة مرة ، وأطلقا على هذا العنصر الجديد إسم « بولونيوم » ، وقد أخذاه عن « بولند » وهى الدوله التى ولدت فيها مارى .

ولكن الأمر لم يقف عند هذا الحد ، فهما لم يعثرا بعد على المنبع لآخر للنشاط الإشعاعى الأقوى حتى من ذلك ، وهو الهدف الرئيسى الذى كانا يبحثان عنه . غير أن اقتناعهما بوجوده ازداد عن ذى قبل . وفى السادس والعشرين من شهر ديسمبر عام ١٨٩٨ أعلنا عن وجود عنصر جديد اقترح تسميته « راديوم ». وكانا يعرفان أن للراديوم « نشاطاً إشعاعياً ضخماً » . وتوقعا مما لديهما من أرقام أن وجوده فى البتشبلند لابد وأن يكون بكميات متناهية فى الضآلة .لذلك كان يلزمهما مقادير كبيرة جداً من ركاز البتشبلند ، ليستخلصا منها ولو قدراً صغيراً جداً من الراديوم .

وبدءا عملية الاستخلاص بطن من البتشبلند . وكان اليورانيوم ، وهو فى ذلك الوقت عنصر رخيص يستعمل غالباً فى تلوين الزجاج ، قد أزيل فعلاً من الركاز من قبل . وأصبح أمامهما جبل من الصخر يحتوى فى موضع ما على الراديوم الذى يتلهفان عليه !

واستمرا يعملان بلا هوادة ، ويقضيان أغلب أوقات العمل فى كوخ خشبى مهجوراً تخذا منه معملاً . وكان الكوخ فى الصيف حاراً كالبيوت الزجاجية التى تربى فيها النباتات بالحرارة الصناعية ، أما فى الشتاء فان المدفأة الصغيرة لم ترفع

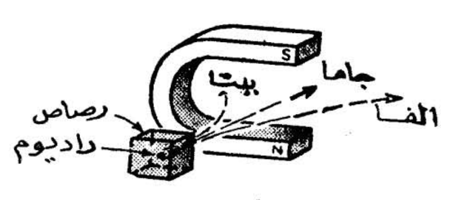
درجة الحرارة فوق درجة التجمد إلا قليلاً . وكثيراً ما أبدى بيير عدم احتماله لمشاق العمل فى مثل هذه الظروف ، ولكن مارى لم تكن لتقبل منه ذلك ، وكانت تعود به سريعاً إلى العمل .

وفى نهاية الأمر أمكن تتبع أثر الراديوم فى مقادير أصغر فأصغر من الركاز ، وأصبح العمل أكثر دقة ، كما أصبح إلى حد ما أشد صعوبة لفقرهما فى الأجهزة الضرورية . وأخيراً توصلا فى عام ١٩٠٢ إلى تركيز طن البتشبلند فى عُشر جرام ثمين من ملح راديوم نقى . وحسبا وزنه الذرى فكان ٢٢٥ . وهكذا اختتم العمل رسمياً . وبعد كل هذه السنين ، من العمل الشاق المتوصل ، أمكنهما أن يعلنا للعالم أجمع أنه قد تم اكتشاف عنصر جديد هو عنصر الراديوم .

وكان الراديوم أقوى من أقصى تقدير توقعاه — فهو فى نشاطه الإشعاعى أشد من اليورانيوم أكثر من مليون مرة ، وهو لا يخرج أشعة فحسب ، بل يطلق أيضاً حرارة وضوءاً . والراديوم يلون الزجاج ويكهرب ما حوله من هواء . كما أنه يقتل الجراثيم ويعقم البذور . وإذا وضع جزء دقيق منه لا يتعدى رأس الدبوس على فأر من فئران المعمل قتله فى ظرف خمس عشرة ساعة ، وإذا وضع بالقرب من الجلد فإنه يحدث قروحاً مؤلمة كما حدث لبيير كورى عندما عرض ذراعه .

ومنذ ذلك الوقت تعلم الإنسان الشىء الكثير عما للراديوم من قوة خارقة . فالتعرض له باستمرار يسبب مرض الإشعاع الذى يصحبه ضرر كبير للجسم ، والأطفال الذين يولدون للأشخاص الذين تعرضوا للراديوم ، يصابون أيضاً بكثير من الشوائب الناتجة عن الإشعاع ، ومن ناحية أخرى فإن له تأثيراً شديداً فى علاج بعض أنواع السرطان . وذلك أنه يقتل خلايا السرطان بأسرع مما يقتل الخلايا السليمة .

وكان العلماء ، ومن بينهم بيير ومارى كورى ، يعرفون من التجارب التى كانت تجرى خلال السنوات الأولى من هذا القرن ، أن النشاط الإشعاعى لا يشمل خروج الأشعة وحدها من العنصر المشع ، بل تخرج أيضاً حبيبات دقيقة . ومع ذلك فإن السؤال العتيد الذى يقول « ما هو الاشعاع ؟ » ظل باقياً دون جواب حتى قام إرنست رذرفورد ، الذى بلغ ذروة الشهرة لما قام به من أبحاث عن تركيب الذرة ، وفردريك سدى Frederick Soddy (١٨٧٧ — ١٩٥٦) ، بتجربة تعتبر آية فى البساطة .



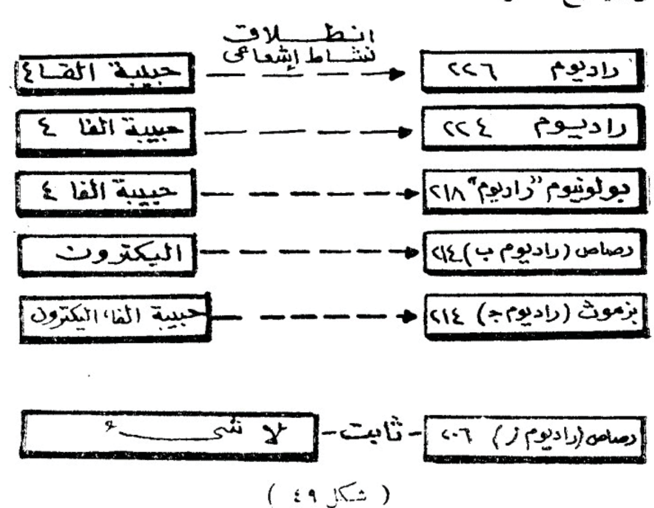
(شكل ٤٨)

وذلك أنهما وضعا مصدراً مشعاً ، كحبة من الراديوم مثلاً داخل حيز من الرصاص به فتحة على صورة شق يسمح بخروج الإشعاع . ووضعا لوحا فوتوغرافياً حساساً فوق الشق ، كما وضعا فوقه أيضا مجالا مغنطيسياً قوياً . وبعد فترة من الزمن شوهدت على اللوح المحمض ثلاثة خطوط . وأدرك رذرفورد وسدى أن هذه الخطوط قد كونتها ثلاث أنواع مختلفة من الحبيبات . وأطلق العالمان على الحبيبات الثلاث حروف الأبجدية الأولى فى اليونانية — وهى ألفا ، وبيتا ، وجاما .

وتبين ، مما أعقب ذلك من دراسات ، أن حبيبات ألفا تميل نحو جانب من المغنطيس وأن طريقة الميل تبين أنها تحمل شحنة كهربائية موجبة . كما تنحنى حبيبات بيتا نحو الجهة المقابلة ، مما يبين أنها تحمل شحنة سالبة . أما حبيبات جاما فلا تتأثر بالمجال المغنطيسى إطلاقاً ، بل تستمر فى سيرها فى خطوط مستقيمة دون أن تميل بفعل المغناطيس .

وكان رذرفورد يعرف أن اختلاف سلوك الحبيبات بفعل المغنطيس ليس إلا جزءاً من القصة . وأراد الآن أن يعرف ما هى هذه الحبيبات ٠ وكان أول اكتشاف توصل إليه خاصاً بحبيبات ألفا ٠ فقد عمل على جمع البعض منها فى أنبوبة زجاجية ٠ وعند تحليل محتويات الأنبوبة تعجب إذ وجد بها عنصر الهليوم ٠ وتبين له أن حبيبات ألفا هى فى الواقع ذرات من الهليوم ، نزعت عنها الإلكترونات السالبة فأصبحت تحمل شحنة موجبة ، والوزن الذرى لها ٤ ، كالوزن الذرى للهليوم ٠ وكان الاكتشاف التالى لرذرفورد ، هو أن حبيبات بيتا ليست سوى الإلكترونات التى اكتشفها تومسون قبل ذلك بزمن قريب (أنظر الفصل الثامن)٠ أما حبيبات جاما فقد ظهر أنها تشبه تماماً الأشعة السينية التى أكتشفها رونتجن ٠

وكان تفسير النشاط الإشعاعى عام ١٩٠٢ كما يلى : تخرج ذرات العناصر المشعة باستمرار حبيبات وإشعاعات ٠ وهناك مصدر للطاقة فى الأعماق الداخلية للذرات المشعة ، يداوم قذف حبيبات إلى الخارج ٠ وفى كل مرة تخرج فيها حبيبة من الذرة، تتغير الذرة وتصبح ذرة مختلفة، وعندما يحدث ذلك يتغير العنصر الأصلى ويصبح عنصراً مختلفاً ٠



(شكل ٤٩)

وعلى سبيل المثال ، إليك صورة لما يحدث باستمرار لعنصر الراديوم . الوزن الذرى لعنصر الراديوم ٢٢٦ . وتنطلق من الراديوم باستمرار حبيبات ألفا . (ولعل القارىء يذكر أن الوزن الذرى لحبيبة ألفا ٤) . وفى كل مرة تنطلق من ذرة الراديوم حبيبة ألفا ، تفقد الذرة البروتنين والنيوترونين ، وينخفض وزنها الذرى من ٢٢٦ إلى ٢٢٢ . وهى الآن عنصر مختلف يسمى الرادون. ثم يفقد الرادون بدوره حبيبة ألفا ويصبح راديوم ب أو رصاص ٢١٤ . ثم يفقد راديوم ب إلكترونا ويصبح راديوم ج أو بزموث ٢١٤ . وتستمر عملية التفكك الإشعاعى حتى يتحول الراديوم الأصلى إلى صورة « ثابتة » من العنصر وهى الرصاص . ويقال عنها إنها ثابتة لأن الرصاص ليس عنصراً مشعاً ، فهو لا يخرج حبيبات أو أشعة ، ولذلك يبقى دون تغيير .

ويعتبر ذلك فكرة ثورية فى عالم العلم . فالمعروف عن العناصر أنها مواد لا تتغير ولا تتحلل . ووجد كثير من العلماء صعوبة كبرى فى قبول النتائج التى توصل إليها رذرفورد ، إذ أنها جاءت مناقضة لأشد معتقداتهم الأساسية رسوخاً .

وتبين قصة الأشعة السينية والنشاط الإشعاعى كيف يؤدى الاكتشاف العلمى إلى الآخر . لقد كان رونتجن يدرس أشعة المهبط فاكتشف الأشعة السينية . وكان بكيرل يدرس الأشعة السينية فكانت النتيجة اكتشاف النشاط الإشعاعى . وكان بيير ومارى كورى يدرسان النشاط الاشعاعى فاكتشفا عنصراً جديداً هو الراديوم . واستطاع رذرفورد بعد ذلك أن يربط بين هذه المكتشفات جميعاً ، وبين المعلومات التى تزداد تقدماً عن تركيب الذرة ، وهكذا يشيد صرح العلم — لبنة فوق لبنة — وكل واحدة منها ترتكز على التى جاءت قبلها .

الفصل العاشر

الطاقة الذرية

« ساعة الصفر إلا عشر ثوان » ، صوت بدد سكون الليل ، قبل بزوغ الفجر فى صحراء نيومكسيكو ، بينما ارتفع صاروخ فى الهواء مصحوباً بشعلة خضراء اللون أحالت الظلمة ضياء فى المنطقة بأسرها . « تسع ثوان - ثمان ثوان »، وتحت الوهج مباشرة شوهد برج من الصلب يعلوه اختراع عجيب لم ير أحد مثيلاً له من قبل على الأرض . « سبع ثوان - ست ثوان »، وكان العلماء وضباط الجيش وموظفو الحكومة المختصين متجمعين داخل مراكز للمراقبة بنيت بالأسمنت المسلح ، على بعد خمسة وعشرة وعشرين ميلا من البرج . « خمس ثوان - أربع ثوان » ، لقد كانت الثوانى تبدو أطول وأطول . « ثلاث ثوان » ، وهنا ارتفعت شعلة أخرى ، ناشرة وهجها الأخضر المخيف على المنظر الصحراوى . « ثانيتان » ، وكان ضوء الفجر الخفيف قد بدأ يظهر بشائره فى الشرق « ثانية » ، وحام سكون قاتل على المنطقة برمتها « أطلق النار » .

وأنيرت السماء وأميال من الصحراء بضوء أبهر من ألف شمس . وأعقب ذلك بثلاثين ثانية انفجار مريع من الضغط المرتفع ألقى بالرجال أرضاً ، وكانوا على بعد خمسة أميال منه . وعقب الانفجار مباشرة هدير فظيع مستمر ، وصفه أحد المراقبين بأنه « كان نذيراً بيوم القيامة » . وتكون ضباب يغلى ويتقلب ، وارتفع ببطء فوق المنظر بأجمعه مكونا شكلاً شبيهاً بعيش الغراب . وعندما أزاحت الرياح الضباب ، ظهر أن البرج قد زال من الوجود . وفى الموضع الذى كان البرج مقاماً فيه ، وجدت هوة فى الصحراء كفوهة البركان ، عمقها خمس وعشرون قدماً . وأصبحت الرمال فى هذا الموضع بساطاً ناعماً من الزجاج الشبيه بأحجار اليشب النفيسة .

وتحدد هذه اللحظة ، (الخامسة والنصف صباحاً من اليوم السادس عشر من شهر يوليو عام ١٩٤٤) ، مولد أحد الاكتشافات العلمية الكبرى الأربعة التي توصل إليها الإنسان منذ بدء الخليقة . وهو في نفس الدرجة من الأهمية التي لاكتشاف النار ، والعجلة ، والكهرباء . فقد كان الانسان يجرب للمرة الأولى أقوى مورد للطاقة في الوجود - ألا وهو الطاقة الذرية . وكانت هذه الواقعة هي أول تفجير للقنبلة الذرية . لقد عرف الإنسان كيف يحطم الذرة ، مطلقاً بذلك الطاقة التي كانت ، حتى هذه اللحظة ، محبوسة داخل نواتها .

وقد شغل صنع القنبلة الذرية الأولى جيشاً كاملاً من العلماء والمهندسين لمدة زادت عن أربع سنوات . ومما يذكر أن إرنست رذرفورد عام ١٩١٩ ، أي قبل بدء مشروع صنع القنبلة الذرية بأكثر من عشرين عاماً ، خطا الخطوة الأولى التي قدر لها أن تبلغ ذروة النجاح في صحراء نيومكسيكو صباح ذلك اليوم المشهود من عام ١٩٤٥ .

وكان رذرفورد يطلق حبيبات ألفا على قليل من غاز النتروجين (وحبيبات ألفا هي نويات ذرات الهليوم ، وتحتوي على بروتونين ونيوترونين) . وكان رذرفورد قد أعلن ، بناء على أبحاث سابقة استخدم فيها التجربة ذاتها ، أن البروتونات تشكل جزءاً من جميع الذرات . (أنظر الفصل الثامن) . والآن أعلن شيئاً آخر مختلفاً . فلم يعد الأمر قاصراً على وجود البروتونات بعد العملية فحسب ، بل وجد معها أيضاً مقداراً قليلاً من الأكسجين ! (الواقع أنه وجد نظيراً (isotope) للأكسجين - وتحتوي ذرته على نيوترون زائد). لقد نشأ ، بطريق ما ، عنصر مختلف من النتروجين وحبيبات ألفا .

فكيف ظهر الأكسجين فجأة ، بينما لم يكن يوجد منه شيء عند بدء التجربة ؟ فلنحسب الآن عدد الحبيبات في الذرات المعنية :

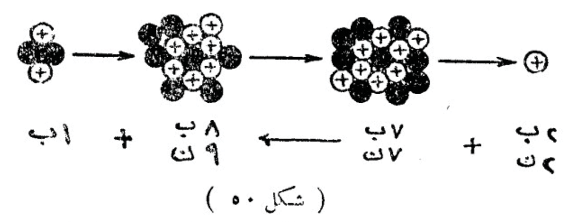
العنصر :	نيتروجين	+	ألفا	←	أكسجين	+	بروتون
الحبيبات :	٧ ب ٧ ن		٢ ب ٢ ن		٨ ب ٩ ن		ب —

وتفسير ما حدث أن حبيبة ألفا تدخل فعلاً فى نواة النتروجين ، وتصدم أثناء ذلك بروتون فتدفعه خارجاً ، والنواة الناتجة عندئذ تكون فى الواقع ذرة أكسجين بها ثمانية بروتونات وتسعة نيوترونات . والبروتون الذى دفع إلى خارج نواة النتروجين الأصلية يبقى حراً طليقاً .

وهكذا أمكن للمرة الأولى تحويل عنصر إلى عنصر آخر . ولكن ذلك لم يكن تحطيماً للذرة ، إلا أنه أنار الطريق فعلاً للعلماء للوصول إلى داخل الذرة ، وفصل محتوياتها بعضها عن بعض .

إلا أن هذه الطريقة للأسف الشديد كان أساسها إما إصابة الهدف ، أو عدم إصابته ــ والأغلب عدم الإصابة . فمن بين كل ٣٠٠٫٠٠٠ حبيبة ألفا ، تصدم حبيبة واحدة فقط إحدى النويات وتخرج بروتوناً . وأصبح من الواضح أن الضرورة تدعو إلى إكتشاف وسيلة أفضل للتصويب على النواة .

وكانت الوسيلة الأفضل هى استعمال جهاز من بين عدة مخترعات مختلفة اصطلح على تسميتها معجلات (accelerators) . وكل من هذه الأجهزة يعجل ، أى يزيد من سرعة حبيبة ما أكثر فأكثر ، ثم يلقى بها على هدف ذرى .

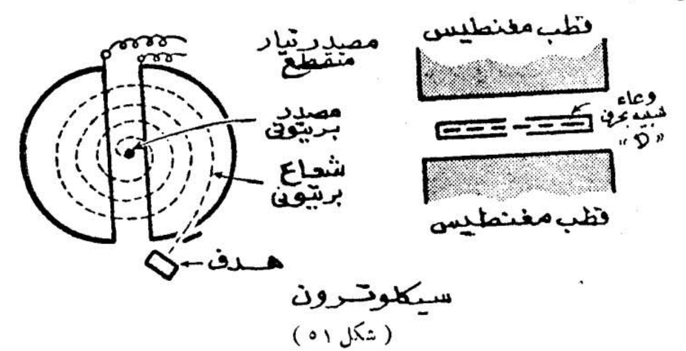


(شكل ٥٠)

وتتوقف السرعة ، على الطاقة التى تزود بها الحبيبة ، وهذه الطاقة تتعلق بالجهد

(أو الضغط الـكهربائى ـ Voltage) للشحنة الـكهربائية . وتعرف الوحدة التى تقاس بها هذه الطاقة بالفولت الإلـكترونى . والفولت الإلـكترونى الواحد هو مقدار الطاقة التى يحصل عليها كل إلـكترون ، من ضغط يساوى فولتاً واحداً . والفـكرة الـكامنة وراء كل المعجلات ، هى تجميع جهد كاف لأن يزيد من سرعة الجبيبات ، حتى تصل إلى السرعة المرتفعة المطلوبة .

وأول طريقة استعملت لتجميع جهد مرتفع فعلاً فى عام ١٩٢٩ ، هى تلك التى اتبعها السير جون كوكـرفت Sir John Cockraft (ولد فى عام ١٨٩٧) ، وإرنست والتن Ernest Walton (ولد فى عام ١٩٠٣) فى معمل كافندش بكمبرج . فقد صمما دائرة كهربائية مكنتهما من الوصول إلى ٨٠٠٫٠٠٠ فولت . وأمد ذلك البروتونات ، التى كانا يزيدان من سرعتها ، بمقدار كبير من الطاقة وأعطى بعض النتائج المدهشة . ولنا عودة إلى ذلك بعد أن نعطى وصفاً قصيراً لنوع آخر من المعجلات .

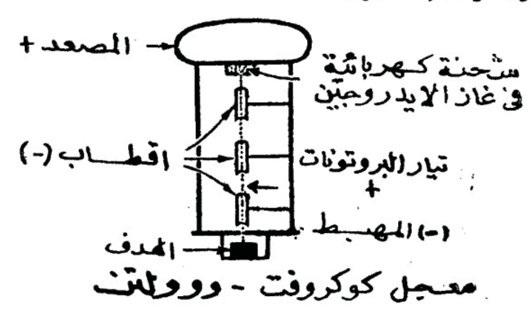


(شكل ٥١)

وكان إرنست أورلاندو لورنس Ernest Orlando Lawrnce (١٩٠١ — ١٩٥٨) من جامعة كاليفورنا ، يعجل من سرعة الجبيبات بطريقة مختلفة . وكانت ثمرة عمله جهاز صغير طوله أربع بوصات سماه سيكلوترون (Cyclotron) . ويحتوى السيكلوترون على وعائين على صورة حرف « D » يوضعا ظهراً إلى ظهر ، بين قطبى مغنطيس ، ويزودا بشحنة من الـكهرباء . وعند إدخال الجبيبة ، فإن كل مرة تمر فيها فى المسافة الواقعة بين الوعائين ، تدفع بقوة الـكهرباء ، مما يوجه خط

سيرها فى دوائر تزداد اتساعاً باستمرار وبسرعة أكبر فأكبر . (ويعمل المغنطيس على أن تسير الحبيبات فى طريق دائرى ، بدلاً من أن تسير فى خط مستقيم) . وأخير تصل الحبيبة إلى حافة الجهاز وتخرج من فتحة معدة لذلك إلى وعاء تجمع الحبيبات ، حيث تصدم نواة الهدف الذرى .

وبعد ذلك أنشئت سيكلوترونات أكبر فأكبر ، كما أنشئت معجلات أخرى ذات علاقة بالسيكلوترون ، مثل السينكروتون (Synchroton) والبيتاترون (Betatron) . وهى فى الوقت الحاضر تزود الحبيبات بطاقات تصل إلى ثلاثة وثلاثين بليون فولت إلكترونى .



(شكل ٥٢)

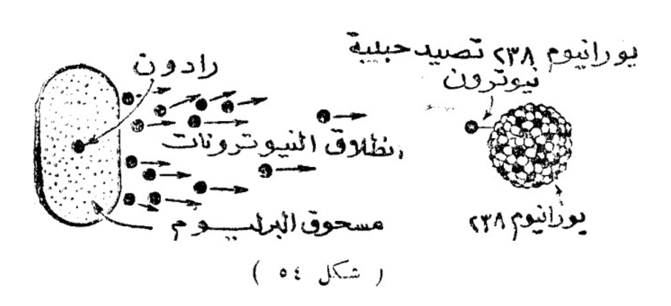
ولنعد الآن إلى كوكرفت وولتن لنشاهد مثالها البدائى الأول فى تحطيم الذرة . فقد اختارا قذائفهما التى توجه إلى الهدف الذرى من البروتونات ، وهى نويات ذرات الإيدروجين ذات الشحنة الموجبة . وتوصلا إلى الحصول على البروتونات بإمرار تيار كهربائى خلال بعض من غاز الإيدروجين ، مما أطاح بالإلكترون السالب الوحيد من ذرة الإيدروجين تاركاً البروتون الموجب . ويرجع اختيارهما للبروتونات إلى المعجل الذى أنشأه يحتوى على صف من الأقطاب السالبة لدفع الحبيبات إلى الإسراع . فكانت البروتونات الموجبة تكتسب سرعة أكبر فأكبر ، عندما تنجذب بتأثير الأقطاب السالبة .

وفى عام ١٩٣٢ أطلق كوكرفت وولتن بعض البروتونات بطاقة قدرها

وثبت أن مقدار الطاقة المتولدة يعادل ما يتوقع أن تكون عليه فعلاً ، حسب معادلة أينشتاين الشهيرة « ط = ك ع٢ » ، حيث « ط » تساوى الطاقة و « ك » تساوى الكتلة و « ع ٢ » مربع سرعة الضوء . والواقع أن هذه النتائج جاءت أول برهان عملى لمعادلة أينشتاين التى قدمها قبل ذلك بسبع وعشرين سنة (أنظر الفصل السابع) .

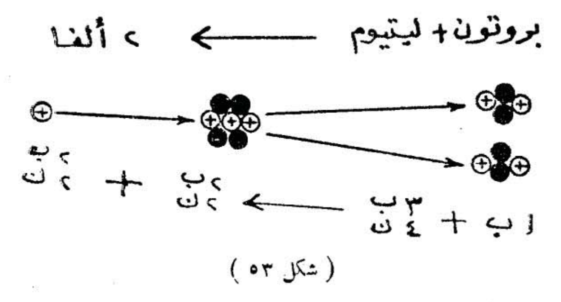
وهكذا تم التوصل إلى انشقاق الذرة ، بدلاً من مجرد نزع جزء منها . لقد أصبحت ذرة الليثيوم نواتى هليوم متساويتين . إلا أن هذه الطريقة فى انشقاق الذرات لم تكن بالطريقة العملية الفعالة . فمعدل إصابة النويات كان منخفضاً أيما انخفاض . كما أن كل ذرة تنشق ، يلزم لها إضافة بروتون ، وهذا يعنى أنه بمجرد انقطاع ورود البروتونات يتوقف انشقاق الذرات .

وكان عالم الفيزياء أنريكو فيرمى Enrico Fermi (١٩٠١ ـ ١٩٥٤) يجرى بعض التجارب الهامة فى روما عام ١٩٣٤ ، وكان يهدف من ورائها إلى معرفة ما يحدث عند ما توجه إلى نويات مختلفة العناصر طلقات من النيوترونات . واختار مصدراً للنيوترونات التى استعملها أنبوبة زجاجية ملحومة تحتوى على مسحوق البرليوم ، والرادون . والرادون المشع يطلق حبيبات ألفا ، وهذه بدورها تطلق النيوترونات من نويات البرليوم ، فتندفع نحو نويات الهدف . وكان يرى أن إطلاق النيوترونات على النويات أفضل من إطلاق كل من حبيبات ألفا والبروتونات التى كانت مستعملة من قبل . والميزة الرئيسية للنيوترونات



(شكل ٥٤)

٧٠٠ر٠٠٠ فولت إلكترونى ، على أهداف من ذرات عنصر الليثيوم . وتبين لهما أن فى مقابل كل بروتون يصدم نواة ليثيوم ، تنطلق حبيبتان من حبيبات ألفا . ويعتبر ذلك شيئاً أكثر من مجرد فصل جزء من الذرة ، إذ أن نواة الليثيوم قد أنشقت بالفعل لتكون حبيبتى ألفا أو نواتى هليوم !



(شكل ٥٣)

وهاك تفسيراً لما حدث :

العنصر	: ليثيوم	+	بروتون	←	ألفا	+	ألفا
الحبيبات	: ٣ ب ٤ ن	+	١ ب —	←	٢ ب ٢ ن		٢ ب ٢ ن
الأوزان الذرية	: ٧ر٠١٨	+	١ر٠٠٨	←	٤ر٠٠٣	+	٤ر٠٠٣

ويلاحظ أن الأوزان الذرية أكبر من عدد الحبيبات ، لأنه كان قد اتفق قبل ذلك بسنوات عديدة على اعتبار الوزن الذرى للبروتون ١ر٠٠٨ بدلا من ١ بالضبط . وإذا راجعنا الأوزان الذرية فى المعادلة السابقة نلاحظ أن وزن الليثيوم والبروتون ٨ر٠٢٦ ، فى حين أن وزن حبيبتى ألفا ٨ر٠٠٦ فقط ، فيكون النقص معادلاً ٠ر٠٢٠ من وحدات الكتلة .

ماذا جرى للوزن المفقود ؟ ترى أين ذهب ؟ لقد كانت لحظة التحقق من أن الوزن المفقود قد تحول إلى طاقة ، من أشد الأوقات إثارة فى تاريخ العلوم . فعند ما انشقت ذرة الليثيوم ، أصبحت الكتلة المختفية هى الطاقة التى أطاحت بحبيبتى ألفا الناتجتين بعيداً .

أنها متعادلة كهربائياً ، وليست موجبة الشحنة كحبيبة ألفا والبروتون ، ولذلك لا تتنافر مع الشحنة الموجبة التي تحملها نويات جميع الذرات ، مما يسهل لها إصابة النواة إصابة مباشرة .

وعندما اتخذ فيرمى أهدافه من ذرات اليورانيوم ، والعدد الذرى لها ٢٣٨ ، وجد أن العدد الذرى لكل من الذرات الناتجة ٢٣٩ . واستخلص من ذلك أن ذرات اليورانيوم ، أمسكت بالنيوترونات ، وأصبحت بذلك ذرات عنصر جديد عدده الذرى ٢٣٩ .

وانقضت أربع سنوات أخرى ، ورأى ثلاثة علماء من برلين أن يعيدوا تجارب فيرمى ، وهم أتو هان (Otto Hahn)، وفرتز ستراسمان (Fritz Strassman) وليزة ميتنر (Lise Meitner) . وكانوا يتوقعون الحصول على نفس النتائج وتحقق لهم ذلك فعلا . غير أن هان وستراسمان كانا كيميائيين ، ولذلك لم يفتهما وجود آثار من عنصرين مختلفين أخف وزناً ، هما عنصرا البريوم والكريبتون ، كما أنهما أبديا شكهما في أن تعريض العناصر المشعة لصدمات النيوترونات ، تطلق مقادير هائلة من الطاقة .

ولم يفهم العالمان المذكوران نتائج هذه التجربة فهماً كاملاً ، مما حدا بهما إلى استشارة زميلتهما ليزة ميتنر الفيزيائية ـ وكان من رأيها أن النتائج المذكورة تثبت نظرية أينشتاين التي جاء بها أن الكتلة يمكن أن تتحول إلى طاقة . وقالت إنها تعتقد أن ذرة اليورانيوم انشقت فعلاً بواسطة النيوترون في نحو منتصفها ، ونشأ عن شطريها عنصران مختلفان أخف وزناً ، هما الباريوم والكريبتون . وينشأ عن هذا التفاعل الذي أطلقت عليه «انشطار ذرى» انطلاق طاقة قدرها ٢٠٠ مليون فولت إليكتروني لكل ذرة يتم شطرها .

وظهر في ألمانيا في عام ١٩٣٩ اتجاه نحو عزل اليهود من الجامعات . وكانت ليزة ميتنر يهودية ، وكانت عرضة للاعتقال فسافرت إلى هولندا على زعم قضاء

أجازتها بها ، وأخذت معها معلومات تامة عن أبحاث هان وستراسمان. واستطاعت أن تفر من هولندا إلى السويد .



(شكل ٥٥)

وكان أوتو فريتش (Otto R . Frisch) ، ابن أخت ليزة ميتنر ، يعمل فى معمل نيلز بور (Niels Bohr) فى كوبنهاجن · وعندما أخبرته ميتنر بآرائها عن انشطار الذرة، صحبها إلى بورفوراً، وأفرغا له كل ما فى جعبتهما. وكان بور عندئذ يتأهب للسفر إلى نيويورك ليشترك فى مؤتمر لعلماء الفيزياء . فحثهما على أن يعيدا إجراء التجارب وأن يعرضا اليورانيوم لصدمات النيوترونات ، وأن يهتما اهتماماً خاصاً بالطاقة التى تنطلق من جراء ذلك · وكان على بور أن يرحل فى الحال ، فلم يستطع انتظار ما تسفر عنه التجربة من نتائج .

وحضر بور المؤتمر الذى انعقد فى واشنطن ، وفى جلسته المنعقدة فى ٢٨ يناير عام ١٩٣٩ ، كان أهم رجلين فى المؤتمر منشغلين عن كل ما يجرى به بمحادثتهما الخاصة معاً. وكان أحدهما طويلاً ، وهو الدانيمركى نيلز بور الذى ترك كوبنهاجن لتوه ، والثانى قصيراً وهو الإيطالى أنريكو فيرمى . وكان فيرمى قد اضطر إلى الفرار من إيطاليا الفاشستية لأن زوجته لورا كانت يهودية · وبعد بضع دقائق اتجهت الأنظار كلها نحو بور وفيرمى ، وكانا شديدى الانفعال إثر خطاب وصل من فريتش . لقد ثبتت صحة آراء ليزة ميتنر . وأمكن شق ذرة اليورانيوم ، وصحب ذلك انبعاث مقدار هائل من الطاقة . ومما جاء فى تقريرهما مايلى : « من الجائز على ما يبدو أن تكون ذرة اليورانيوم ضعيفة التماسك فى تركيبها ، وقد تشطر نفسها بعد أن تمسك بحبيبة نيوترون إلى نواتين متقاربتى الحجم نوعاً » .

وكانت التجربة التى وصفها فريتش وميتنر من الوضوح إلى حد جعل الكثير من العلماء الذين حضروا المؤتمر يهرعون إلى معطم الذرة فى معهد كارنيجى ، ويعيدون إجراء التجربة نفسها ، بأن يعرضوا ذرات اليورانيوم للصدمات بالنيوترونات التى يطلقونها عليها . وحصلوا جميعاً على نفس النتائج معتقدين أنهم أول من شطر ذرة اليورانيوم فى أمريكا . ولكن سرعان ما تبين أن التجارب نفسها كانت تجرى فى نفس اللحظات فى جامعة كولومبيا ، بعد أن وصلت إليها معلومات تليفونية من بعض من حضروا المؤتمر ، وكذلك فى جامعتى جونز هوبكنز وكاليفورنيا . والواقع أن الاعتقاد السائد الآن أن الانشطار الأول لذرة اليورانيوم ، فى الولايات المتحدة ، تم فى جامعة كولومبيا . وذلك لأن فيرمى الذى كان يعمل محاضراً بها اقترح على بعض طلبته القيام بالتجربة قبل سفره إلى واشنطن .

وانقسام الذرة فى حد ذاته لم يكن حدثاً عظيم الأهمية . فذرة الليثيوم قد انشطرت من قبل ، غير أن انقسام ذرة اليورانيوم كان أبلغ أثراً لانطلاق النيوترونات عند انشقاق الذرة . وذلك يعنى أنه أصبح الآن فى الإمكان أن تعمل النيوترونات ، الناتجة عن انشطار ذرة اليورانيوم الأولى ، فى شطر ذرات أخرى من حولها ، ويتكرر ذلك المرة تلو المرة . ويشبه ذلك ما يعمله المدمن على التدخين عندما يشعل سيجارة من الأخرى طوال اليوم . وهكذا انبثق الأمل فى تحقيق الحصول على سلسلة من التفاعلات الذرية — فتشطر الذرات بالنيوترونات المنطلقة من الانقسام السابق .

وأصبح من المشروعات الكبرى لدى أساطين الفيزياء ، خلال عام ١٩٣٩ ، البحث عن جواب للسؤالين التاليين : هل تنطلق النيوترونات عند انشطار ذرات اليورانيوم ؟ وهل فى الإمكان استعمالها فى بدء تفاعل متسلسل ؟ وفى العدد الصادر فى شهر ديسمبر من عام ١٩٣٩ فى مجلة « الفيزياء الحديثة » (Review of Modern Physics) نشر ملخص لمائة من الأبحاث المنشورة المختلفة فى موضوع الانشطار الذرى !

وكانت نتائج الأبحاث المذكورة : أن نعم تنطلق النيوترونات ، ونعم فى الإمكان بدء تفاعل تسلسلى إذا هيئت له ظروف مناسبة .

وتبين أيضاً أنه ليس بين النظائر الثلاثة لليورانيوم ، غير اليورانيوم ٢٣٥ وحده هو الذى يمكن جعله ينشطر ، فاليورانيوم — كما يوجد فى الطبيعة — يحتوى على ذرات مختلفة الوزن يطلق عليها نظائر . والسواد الأعظم منها ، أى ٣ر٩٩ فى المائة ، تتكون من اليورانيوم ٢٣٨ ، وتحتوى نواته على ٩٢ بروتوناً و ١٤٦ نيوتروناً . ونسبة اليورانيوم ٢٣٥ أقل بمراحل فهى توجد فى ٧ر٠ فى المائة فقط وتحتوى نواتها على ٩٢ بروتوناً ، مما يجعلها كيمائياً مماثلة للذرة السابقة ، إلا أن عدد ما بها من نيوترونات ١٤٣ فقط . وأخيراً توجد آثار ضئيلة من اليورانيوم ٢٣٤ ، نسبتها ٠٠٦ر٠ فى المائة ، وبها ٩٢ بروتوناً و ١٤٢ نيوتروناً .

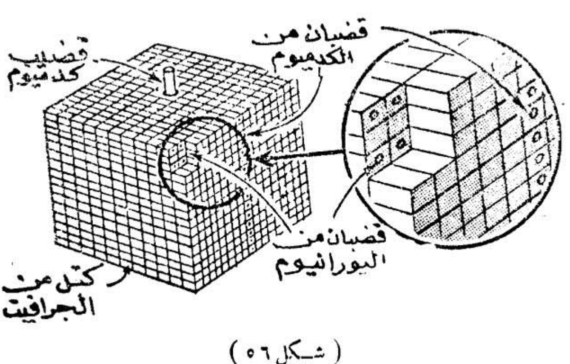
أما اليورانيوم ٢٣٨ فإن ذرته تمسك بالنيوترون الذى يدخل بها ولكنها لا تنشق . واليورانيوم ٢٣٤ لا توجد منه مقادير كافية لأن تجعل له قيمة تذكر . وعليه فإن اليورانيوم الوحيد الذى يمكن جعله ينشق هو يورانيوم ٢٣٥ .

وفى مارس من عام ١٩٤٠ ، استعمل فيرمى مقداراً ضئيلاً جداً من يورانيوم ٢٣٥ ، وعرف من النتائج التى توصل إليها أنهم يسيرون فى درب سوف يصل بهم إلى إنتاج الطاقة الذرية . فقد اكتشفوا اليورانيوم ٢٣٥ الذى يمكنهم حمله على الانقسام ، كما اكتشفوا الظروف الضرورية لإمكان حدوث تفاعل متسلسل .

وأخيراً آن الأوان لاختبار النظريات والتجارب الخاصة بالانشطار الذرى . وفى الثانى من ديسمبر عام ١٩٤٢ ، بنى أنريكو فيرمى فى ملاعب (السكواش) الكائنة تحت مدرجات ميادين الرياضة المسماة ستاج فيلد (Stagg Field) فى جامعة شيكاغو ، كوماً من اليورانيوم والجرافيت ، فى محاولة منه لإجراء تفاعل متسلسل .

وكان فى كوم شيكاغو المذكور ١٢٤٠٠ رطل من اليورانيوم وأكسيد

اليورانيوم ، داخل كتل من الجرافيت . وكان الماء يجرى فى قنوات فى الجرافيت لتبريد الكوم . وأدخلت قضبان من الكدميوم ، الذى يتميز بقدرته على امتصاص النيوترونات ، كوسيلة للتحكم فى التفاعل وإيقافه حسب الإرادة . كما أعد أيضاً احتياطى كبير من الماء المذابة به أملاح الكدميوم ، لإغراق الكوم كله إذا أصبح التحكم فيه فوق نطاق مقدرتهم .



(شكل ٥٦)

وكان فى ملاعب « السكواش » فى ذلك الصباح العاصف نحو عشرين رجلا . كان البعض منهم يقفون حول الكوم مباشرة ، كما جلس آخرون فى الشرفة القريبة من لوحة المراقبة . وفى هذا الموضع بالذات كان فيرمى منهمكاً فى إدارة العملية .

وبدأ الاختبار فى الساعة التاسعة والدقيقة الرابعة والخمسين صباحاً . وأشار فيرمى بسحب قضبان التحكم (الكدميوم) . وفى العاشرة تماماً رفع قضيب التحكم الذى أطلق عليه « زيب » الذى يستعمل عند الطوارىء فقط ، وربط فى الشرفة . وأخيراً سحب القضيب الأخير ببطء شديد . وأخذت دقات أجهزة القياس تزداد سرعة أكثر فأكثر . وكان يبدو على الحاضرين شعور بالقلق والتوتر ، أخذ يزداد وينتشر بينهم حتى عم كل من بالغرفة .

وعلى حين فجأة بدت على فيرمى بوادر الارتياح ، وفتح فاه قائلاً « لقد

جعلت ، فهيا بنا لنتناول الغداء». وعادوا في الساعة الثانية بعد الظهر واستمروا في في إجراء حساب النتائج . وفي الثالثة وإحدى وعشرين دقيقة ابتسم فيرمى ، وقال في هدء « إن التفاعل يحفظ نفسه ». ونجح الاختبار . فقد أحدثوا تفاعلا متسلسلاً من الانشطار الذرى ، يمكنه أن يستمر من تلقاء ذاته . وسمح للتفاعل أن يستمر لمدة ثمان وعشرين دقيقة أخرى ، ثم أمر فيرمى بدفع قضبان الكدميوم إلى مواضعها . وأخذت دقات أجهزة القياس في الإبطاء من سرعتها . ثم وقف التفاعل تماماً .

وتعطلت أبحاث الطاقة الذرية فترة لصعوبة الحصول على اليورانيوم ٢٣٥ النقى اللازم للانشطار . ففى كل ١٤٠ رطلاً من اليورانيوم الطبيعى رطل واحد من يورانيوم ٢٣٥ . وكان استخلاص اليورانيوم ٢٣٥ من اليورانيوم الطبيعى فى أول الأمر عملية معقدة وبالغة التكاليف .

ولذلك ارتاح العلماء كثيراً عندما لاحظوا أن عنصر البلوتونيوم ، وهو مادة قابلة للانشقاق ، كان من بين المنتجات فى الكوم الذرى . وفيما يلى تفسير للتفاعل .

يورانيوم ٢٣٨ + نيوترون ← يورانيوم ٢٣٩ (لا ينشق)

٩٢ ب		—	←	٩٢ ب
١٤٦ ن		١ ن		١٤٧ ن

يورانيوم ٢٣٩ ← نبتونيوم ٢٣٩ + إلكترون

٩٢ ب	←	٩٣ ب
١٤٧ ن		١٤٦ ن

(وذلك أن أحد النيوترونات ينقسم من تلقاء ذاته إلى بروتون وإلكترون)

نبتونيوم ٢٣٩ ← بلوتونيوم ٢٣٩ + إلكترون

٩٣ ب ١٤٦ ن	←	٩٤ ب ١٤٥ ن

(وذلك بأن يتكرر للنبتونيوم ٢٣٩ التحلل الذى حدث لليورانيوم ٢٣٩) .

وتبين أن البلوتونيوم قابل للانشقاق ويتميز عن اليورانيوم ٢٣٥ بميزتين : فاختلافه كيمائياً يجعل فصله من اليورانيوم الذى فى الكوم أسهل نسبياً . زد على ذلك ميزة أهم ، وهى أن البلوتونيوم يحضر من اليورانيوم ٢٣٨ الأكثر انتشاراً ، بدلاً من اليورانيوم ٢٣٥ النادر الوجود .

وأدرك العلماء المشتغلون بتجارب انقسام الذرة فى الولايات المتحدة أنهم أكتشفوا مصدراً جديداً جباراً للطاقة . وكانت الحوادث الجارية تدفع الدول نحو الحرب العالمية الثانية ، وأصبح للطاقة الذرية أهمية عسكرية وسياسية . فقد كان العلماء يدركون أن الانشطار الذرى يمكن استعماله فى إنتاج القنابل التى تجعل القنابل الأخرى تبدو إلى جانبها كالألعاب النارية . من ذلك مثلاً أن الدكتورة ميتنر أظهرت أن كل ذرة من اليورانيوم تنشق تطلق طاقة تساوى مائتى مليون فولت إلكترونى . هذا فى حين أن جزىء الديناميت (TNT) يخرج عشر فولتات إلكترونية .

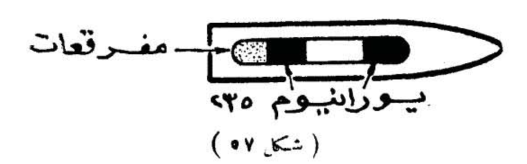
وفى شهر أغسطس من عام ١٩٣٩ كتب ألبرت أينشتاين خطاباً إلى الرئيس روزفلت ، طالباً منه أن يعضد إنشاء وتمويل خطة عاجلة لصنع قنبلة ذرية . وأعجب الرئيس أيما اعجاب بالمعلومات التى قدمت إليه ، ودفع بعجله العمل سريعا نحو إنتاج القنبلة . وكانت هناك ضرورة عاجلة جدية . فالألمان كانوا أول من اقترب إلى فهم حقيقى لانشطار الذرة . وانتشرت الشائعات بأن الألمان يعملون بنشاط فى صنع قنبلة .

وعندما حل ١٦ يوليو عام ١٩٤٥ كانت الصعوبات الهندسية الكثيرة التى وقفت فى سبيل صنع القنبلة قد ذللت . وقد علمنا من قبل نتائج اختبار ذلك التفجير الأول . ولكن العلماء والمهندسين لم يضيعوا لحظة فى تبادل التهانى على نجاحهم الكبير ، بل شرعوا فوراً فى صنع قنبلة أخرى يمكن استعمالها ضد الأعداء . وفى السادس من أغسطس عام ١٩٤٥ أسقطت الولايات المتحدة قنبلة ذرية على مدينة هيروشيما فى اليابان .

وكانت القنبلة صغيرة الحجم ، طولها عشر أقدام ، وقطرها ٢٨ بوصة ، ووزنها ٩٠٠٠ رطل . وكانت قوة تفجيرها تعادل ٢٠٠ر٠٠٠ رطل من الديناميت . وقد ترتب عليها من الموت والدمار ما لم يتوقعه أحد أو يتخيل إمكان حدوثه .

ومن الأمور التى عرفت مبكراً ، أن « الزناد » الذى يفجر القنبلة الذرية هو مقدار من اليورانيوم ٢٣٥ أو البلوتونيوم يعرف « بالكتلة الحرجة » . وبعبارة أخرى إذا كان مقدار اليورانيوم أو البلوتونيوم أقل من الكتلة الحرجة ، فلا يحدث شىء على الاطلاق . وإذا زاد المقدار عن الكتلة الحرجة ، فليس فى الوجود ما يحول دون حدوث الانفجار .

وربما تذاع الطريقة التى تعمل بها القنبلة الذرية يوما ما فى المستقبل . عندما تكون الحروب قد أصبحت من أمور الأزمنة السابقة . وليس فى وسعنا الآن إلا أن ننقل للقراء التفسير الرسمى الذى أذيع : وهو « أن الطريقة الواضحة لتجميع قنبلة ذرية بسرعة بالغة ، هى إطلاق جزء منها باعتباره قذيفة ، على جزء آخر باعتباره هدفاً » . وبعبارة أخرى ، فإن الكتلة الحرجة فى القنبلة قسمت إلى قسمين . وفى اللحظة المضبوطة للانفجار ، يطلق القسمان معاً فيكونان الكتلة الحرجة ويسببان الانفجار .



(شكل ٥٧)

فالدمار الناتج عن قنابل الديناميت العادية ينشأ عن ضغط الانفجار . أما القنبلة الذرية فلها أربعة مصادر للخراب . فالزيادة الكبيرة فى شدة الانفجار تزيد مايترتب عليه من دمار. ثم إن الحرارة الناشئة عن القنبلة ، ترفع من درجة الحرارة إلى عدة ملايين من الدرجات ، وتنشر الحرائق على بعد أميال من حولها . والإشعاع مصدر ثالث للدمار. فانفجار القنبلة يطلق أشعة جاما والنيوترونات التى تنشر أمراض الاشعاع بين جميع السكان الذين يتعرضون لها .

وهناك تقديرات مريعة عن الدمار الشامل الذى سببته تلك القنبلة الذرية الأولى . ففى وسط المدينة أربعة أميال مربعة سطحت تماماً بفعل ضغط الانفجار والحرائق . وتحطم أكثر من ثلثى المبانى فى المدينة . وقتل من السكان سبعون ألفاً . وأصيب بإصابات مختلفة مائة وخمسة وثلاثون ألفاً آخرين . ولم تكن هناك وسيلة لتقديم أية مساعدة أو عناية المصابين . فقد دمر إثنان وأربعون مستشفى من مجموع مستشفيات المدنية البالغ عددها خمساً وأربعين . وقتل أو أصيب مائة وثمانون طبيباً من مائتين ، وألف وستمائة وأربع وخمسون ممرضة من ألف وسبعمائه وثمانين .

وفى التاسع من اغسطس عام ١٩٤٥ ، اسقطت القنبلة الذرية الثانية ، وكان هدفها هذه المرة ناجازاكى ، وسببت نهاية الحرب العالمية الثانية . وهذه القنابل كانت مجرد البداية . ويوجد الآن قنابل ذرية أكبر وأشد قوة ، وتبلغ قوة تفجيرها ٥٠٠٫٠٠٠ طن من الديناميت . وفى عام ١٩٥٣ أصبح لدى الولايات المتحدة ، كما جاء فى تصريح رئيسها أيزنهاور ، كوم من القنابل الذرية يزيد فى قوة تفجيره عدة أضعاف عن مجموع ما ألقى من قنابل وأطلق من رصاص ، من كلا الجانبين المتحاربين ، خلال أعوام الحرب العالمية الثانية كلها .

وفى اليوم الأول من نوفمبر عام ١٩٥٢ ، اختبر العلماء قنبلة من نوع جديد، تبلغ فى شدتها أضعاف أضعاف القنبلة الذرية . وأساس هذه القنبلة الجديدة اندماج أو اتحاد ذرات الإيدروجين ، ولذلك أطلق عليها القنبلة الإيدروجنية (وبالإنجليزية H . Bomb ، اختصاراً لكلمة Hydrogen أو إيدروجين) . وقد توصل الإنسان فيها إلى تكرار لتوليد الطاقة ، كالذى يحدث باستمرار فى الشمس وغيرها من النجوم .

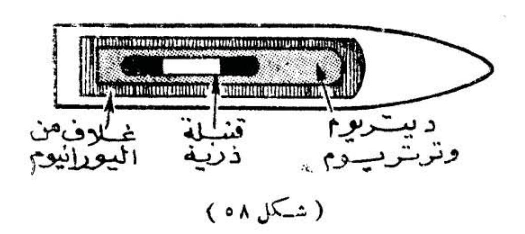
لقد أظهرت الأبحاث، التى أجريت على الطاقة الذرية ، أن فى الإمكان توليد مقادير كبيرة من الطاقة من كل من العناصر الشديدة الثقل والعناصر الشديدة الخفة . فإذا انشقت العناصر الشديدة الثقل كاليورانيوم ، فإن وزن الشطرين الناتجين يكون أقل من الوزن الأصلى للعنصر ، والكتلة المفقودة تتحول إلى طاقة . وإذا اتحدت العناصر الخفيفة ، فإن وزن الذرة الناتجة عن الاتحاد يكون أقل من أوزان الذرات التى كونتها . وهذا النقص فى الكتلة يتحول أيضاً إلى طاقة . ونظراً لأن الاندماج بين الذرات لا يمكن حدوثه إلا فى درجات الحرارة البالغة الارتفاع ، فإنه يعرف أحياناً « بالتفاعل النووى الحرارى » .

ويستعمل أخف العناصر قاطبة ، ألا وهو الإيدروجين ، فى تفاعل الاندماج. ولا يستعمل فيه النوع العادى من الإيدروجين الذى يساوى وزنه الذرى واحداً . ويحدث التفاعل الاندماجى الأقوى أثرا بين النظيرين الأشد ثقلا للايدروجين — وهما الديتريوم والتريتيوم . (ولعل القارىء يذكر أن النظائر، هى ذرات لنفس العنصر ، تحتوى نوياتها على نفس العدد من البروتينات وعلى عدد مختلف من النيوترونات) .

فإذا حدث الاندماج بين نواتى ديتريوم (وتحتوى على بروتون واحد ونيوترون واحد) ، وتريتيوم (وتحتوى بروتون واحد ونيوترونين) ، ينتج

عن الاندماج هليوم ، وحبيبة نيوترون ، وتنطلق مقادير كبيرة جداً من الطاقة . وكانت المشكلة الرئيسية هى جعل النواتين تتحدان رغم أن كلاً منهما تحمل شحنة موجبة مما يسبب تنافرهما .

وكان من المعروف أن اندماج النواتين لا يتم إلا فى حرارة تقاس بملايين الدرجات . ولم تكن هناك وسيلة لتوليد مثل هذه الحرارة على الكرة الأرضية حتى تم صنع القنبلة الذرية . فالقنبلة الذرية تولد حرارة تصل إلى مائة وخمسين مليون درجة ، أى أنها أحر حتى من جوف الشمس . وهذه الحرارة تجعل نوايات الديتريوم والتريثيوم تتحرك بسرعات بالغة ، مما يسبب دخولها معاً فى تفاعل اندماجى . وهكذا يتحتم أن تحتوى كل قنبلة إيدروجينية على قنبلة أخرى ذرية لتعمل كزناد يفجرها .



(شكل ٥٨)

والقنبلة الذرية لا تصنع إلا بأحجام صغيرة نظراً لأن الكتلة الحرجة للمواد التى بها محدودة الحجم . فبمجرد الوصول إلى الكتله الحرجة يحدث الانفجار ، وكل زيادة فى مقدار اليورانيوم أكثر من ذلك تكون خسارة لا موجب لها . أما القنبلة الإيدروجينية ، فلا حد للأحجام التى يمكن أن تصل إليها، كما أن الدمار والخراب الذى تتركه لاحد له أيضاً . وبينما تقاس قوة تفجير القنابل الذرية بما يعادل آلاف الأطنان من الديناميت — ويسمى الألف طن « كيلوطن » — فإن قوة تفجير القنابل الإيدروجينية يقاس بما يعاول ملايين الأطنان من الديناميت . وتسمى الوحدة وهى مليون طن « ميجاطن » .

وكان الناس جميعاً يأملون أن تكون الطاقة الذرية مصدر نعمة ورخاء للحياة على الأرض . وبالفعل بدأ العلماء فى السنوات التالية لصنع القنبلة الذرية والقنبلة الإيدروجينية ، فى تحسس الطرق التى تستخدم فيها الطاقة الذرية للمساعدة على الحياة ، بدلاً من الموت والدمار .

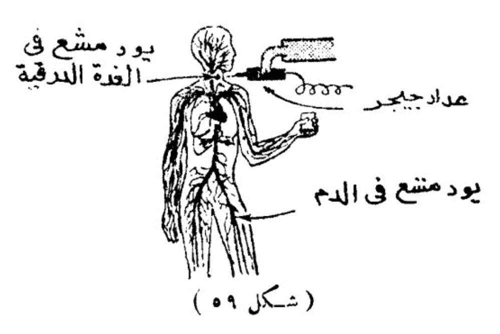
وأكثر الطرق وضوحاً لاستعمال الطاقة الذرية يتلخص فى توجية الحرارة الناشئة نحو مولد للكهرباء . فمعظم الكهرباء في الولايات المتحدة مثلاً تأتى من مولدات بخارية . وكان الوقود المستعمل حتى يومنا هذا لتخسين الماء إلى بخار ، يتكون من الفحم الحجرى أو البترول أو الغاز الطبيعى ، ثم يستعمل البخار المتولد فى إدارة التربينات التى تولد الكهرباء . أما الآن فإن الحرارة الناتجة فى مفاعل ذرى يمكن استعمالها فى الغرض ذاته. والطاقة الناشئة عن رطل واحد من اليورانيوم تعادل ماينتج عن إحراق ثلاثة ملايين رطل من الفحم الحجرى !

ومع ذلك فإن الكهرباء المولدة بالطاقة الذرية مازالت حتى الآن أغلى ثمناً من تلك التى تتولد بالطريق العادي . وليس ذلك راجعاً لغلاء الوقود ، بل لأن بناء المصنع يجب أن يؤمن تأميناً تاماً ضد خطورة تسرب أي إشعاع .

وما زلنا للآن فى أول طريق العصر الذرى . وعندما يزداد مانكتسبه من خبرة ومران زيادة مطردة ، ويتوالى ازدياد عدد المصانع التى تعمل بالطاقة الذرية، فإن التكاليف سوف تنخفض حتماً .

وقد بدأ استعمال المفاعلات الذرية الصغيرة فى نواح أخرى . ففى عام ١٩٥٥، أنزلت الولايات المتحدة أول غواصة ذرية، وسميت نوتيلس (Nautilus)، وتتكون القوة المحركة لها من قطعة من اليورانيوم فى حجم كرة (الجولف) . وقد خاضت النوتيلس عباب البحار فى أسفارها وقطعت فى سنتها الأولى أكثر من خمسين ألف ميل دون ماحاجة إلى المزيد من الوقود . ويوجد الآن نحو عشرين غواصة ذرية

فى الأسطول الأمريكى . وفى عام ١٩٦١ أنزلت الولايات المتحدة إلى البحار أول عابرة للمحيطات تعمل بالطاقة الذرية ، وهى السفينة الذرية سافانا N.S. Savannah — وحرفى N.S هنا اختصار لكلمتى (Nuclear Ship) . غير أن توليد الحرارة فى المفاعلات الذرية ليس بالطريقة الوحيدة للانتفاع من الطاقة الذرية . فإن الكثير من العناصر، عند تعريضها لطلقات حبيبات النيوترون ، تمسك بحبيبة من النيوترون، وبزيادة محتويات النواة نيوتروناً تصبح هذه العناصر بدورها عناصر مشعة . وحيث أن العناصر المذكورة ليست مشعة فى حالتها الطبيعية ، لذلك يطلق عليها عندما تكون محملة بالنيوترون الإضافى « عناصر مشعة صناعياً » . والنيوترون الإضافى — كما هو معروف — يغير من وزن الذرة ، ولذلك تعرف هذه العناصر أيضاً بالنظائر المشعة .



(شكل ٥٩)

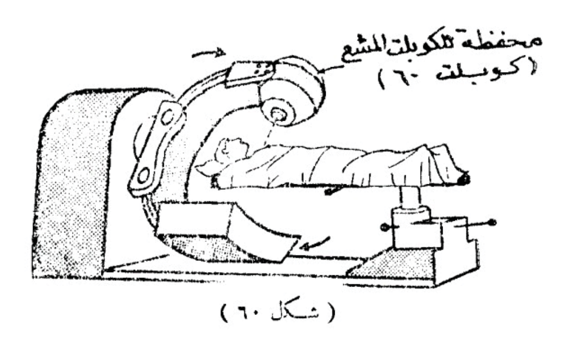
ولا يتغير سلوك العنصر المشع ، سواء أكان إشعاعه طبيعياً أم صناعياً . فهو يطلق باستمرار إشعاعات وحبيبات . وإطلاق الإشعاعات يضفى على النظائر المشعة أهمية كبرى .

وهناك مدى متسع لما نستخدم فيه النظائر المشعة . وهذه الفوائد يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع :

أولاً : تستعمل النظائر المشعة فى استقصاء الأثر فى الكائنات الحية من حيوان أو نبات . ولتوضيح ذلك ، نفرض مثلاً أن طبيباً أراد أن يفحص الغدة

الدرقية فى أحد المرضى ، فإنه يعطيه مشروباً يحتوى على قطرات قليلة من اليود المشع ، أى اليود ١٣١ . وبمجرد دخول اليود فى الجسم ، يمكن تتبع مساره بواسطة بعض الاختراعات الحديثة ، مثل عداد جيجر الذى يقوم بعد صدمات الحبيبات التى يطلقها اليود المشع . وبوضع عداد جيجر أمام رقبة المريض ، يستطيع الطبيب أن يقيس معدل امتصاص الغدة الدرقية لليود . وهذه المعلومات تفيد الطبيب عندما يشخص بعض الأمراض التى تصاب بها الغدة الدرقية . كما أن من أمراض الغدة الدرقية ما يغير من مقدار اليود الذى يجرى فى الدم . ويمكن للطبيب أن يبحث عن وجود أو عدم وجود هذه الأمراض بملاحظة مقدار اليود فى الدم . وهذه الطريقة فى الاستقصاء عظيمة الفائدة بصورة خاصة ، لأنه يمكن استعمالها بنجاح فى تتبع أثر كميات تقل عن جزء من مليون من الجرام ، كما يمكن تحديد مقدارها حسب ما تطلقه من إشعاع . ويتضح من ذلك أن الحاجة لا تدعو إلى مضايقة الجسم بمقادير كبيرة من المواد المشعة .

ثانياً : تستعمل الإشعاعات المنطلقة من النظائر المشعة الأقوى من غيرها فى علاج بعض الأمراض . فمن المعروف طبياً أن الأشعة المنطلقة من الراديوم أو من الأشعة السينية تقتل الخلايا السرطانية بأسرع مما تقتل الخلايا السليمة ، غير أن الراديوم غالى الثمن جداً وليس من السهل الحصول عليه ، كما أن الأشعة السينية قد تضر الأنسجة السليمة أيضاً . إلا أن الـكوبلت المشع ٦٠ أثبت أنه أشد فتكاً بخلايا

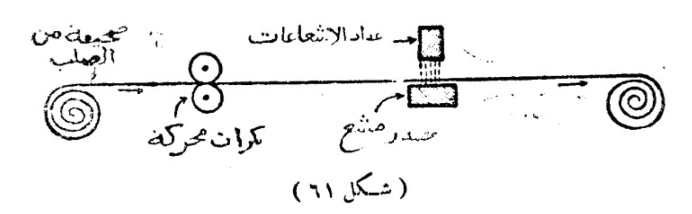


(شكل ٦٠)

السرطان من مصادر الإشعاع القديمة ، كما أنه أرخص منها كثيراً . فالأوقية الواحدة من الكوبلت المشع ٦٠ تتكلف سبعة عشر ألف دولار وتعطى من الإشعاعات قدراً يعادل ماينطلق من مقدار من الراديوم ثمنه خمسون مليون دولار !

ثالثاً : وأخيراً فإن النظائر المشعة تستعمل فى الصناعة . وفى الحالات المثالية يوضع مصدر مشع تحت مادة ما ، وكشاف الإشعاعات فوقها . ويستدل من مقدار ماينفذ من الأشعة خلال المادة على سمكها . وفى مصانع صفائح الصلب ، مثلا ، يمكن قياس الصفائح بهذه الطريقة للتثبت من أنها جميعاً ذات سمك واحد .

ونكرر القول بأننا ما زلنا فى أول عصر بداية الذرة . وهذا العصر سيضع الجنس البشرى فى ملتقى طريقين ، يؤدى أحدهما إلى إطراد التقدم واستغلال الانتصار على الطاقة الذرية فى استخدامها فى الأغراض السلمية . أما الطريق الثانى ففيه الموت والدمار والقضاء على الحياة فى هذا الكوكب ، وبئس المصير . فهل سنعمل على تحسين أحوال العالم المعيشية والصحية ، أم نقتصر على بناء قنابل أكبر وأشد فتكاً ؟



(شكل ٦١)

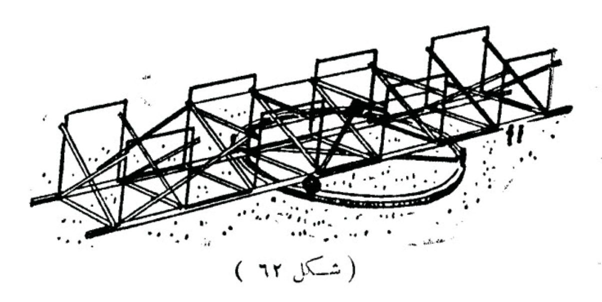
الفصل الحادي عشر

الفلك الحديث

يعتبر الكثيرون علم الفلك أقدم العلوم قاطبة . فقد حاول الإنسان منذ بدء التاريخ أن يفهم ويتعلم الأمور المتعلقة بالشمس والقمر والنجوم وسائر الكواكب التى استطاع رؤيتها فى السماء . وكان الناس فى الجزء الأكبر من هذا الزمن يدرسون الفلك دون أن يفكروا فى الاستفادة من هذه الدراسة عملياً . أما فى زمننا الحالى ، فإننا ننظر إلى أعلا نحو السماء لأسباب جديدة . فالصواريخ ، ورجال الفضاء ، والهبوط على القمر ، كلها قد أمدتنا بأسباب جديدة وعملية جداً لأن نتعلم المزيد من علم الفلك الراسخ فى القدم. وكان التلسكوب (أو المرقب) منذ أن اخترعة جليليو ، أثمن أجهزة رجال الفلك وأعظمها أهمية لمدة زادت عن الثلاثمائة عام . والقاعدة الأساسية التى يعمل بها التلسكوب بسيطة للغاية . فهو يستمد الضوء من الجسم المرئى - وليكن كوكباً أو نجماً أو أى شىء آخر - ويأتى بالضوء إلى نقطة أو إلى بؤرة . وهناك طريقان للوصول إلى ذلك . فإذا استعملت عدسة زجاجية لثنى أو كسر الضوء إلى البؤرة ، يسمى الجهاز مرقب انكسار (Refracting Telescope) . وأكبر مرقب من هذا القبيل يحتوى على عدسة قطرها أربعون بوصة، ويوجد فى مرصد يركيس (Yerkes Observatory) فى ويليامز باى بوسكونسن . وإذا استعملت مرآة بها انحناء طفيف لتعكس الضوء إلى بؤرة ، يسمى الجهاز مرقب انعكاس (Reflecting telescope) . وأكبر مرقب انعكاس فى العالم ، ويبلغ قطر مرآته مائتى بوصة ، هو تلسكوب هيل ويوجد فى مونت بالومار بكاليفورنيا .

والاعتقاد السائد الآن أن مرقب الانعكاس فى مونت بالومار هو أكبر تلسكوب ممكن استعماله من الناحية العلمية . فإن أية مرآة أو عدسة أكبر مما به لن ترينا أبعاداً أكثر ، لأن جو الأرض يعمل على أعوجاج المنظر والإقلال

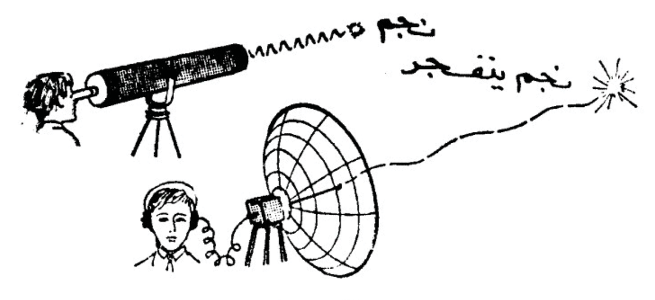
من وضوحه إلى حد كبير . وقد شاهد تلسكوب مونت بالومار فى عام ١٩٦٠ مجموعة نجمية (galaxy) ، على مسافة قدرت بستة ملايين سنة ضوئية . (السنة الضوئية هى المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة كاملة بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية ، وتبلغ نحو ٦ تريليون ميل . ولتحويل السنوات الضوئية إلى أميال ، يضرب عددها فى ٦ تريليون) . إلا أن تدخل الجو في الرؤية ، يجعل تلسكوب مونت بالومار لا يصلح لرؤية المسافات البالغة البعد فعلاً إلا فى عدد محدود من الليالى فى كل سنة . وأى منظر أبعد من ذلك ، فى تلك الأبعاد المترامية من الكون ، يستدعى استعمال آلة أخرى مختلفة تمام الاختلاف .



(شكل ٦٢)

وقد حدث فى عام ١٩٣١ ، أن أهدى كارل جانسكى Karl Jansky (١٩٠٦ — ١٩٥٦) إلى الفلكيين مصادفة جهازاً من هذا القبيل ، فتح « النافذة المطلة على الكون » إلى مدى أوسع كثيراً من ذى قبل . وكان جانسكى مهندس إذاعة يعمل فى معمل بل (Bell) للتليفونات ، فى هولمدل بنيوجيرزى . وكان مكلفاً بأن يجرى بحثاً فى موضوع تدخل الكهربائية الجوية في المواصلات اللاسلكية عبر المحيط ، وبين السفن والشواطىء . وبدأ البحث ببناء « هوائى » (antenna) ضخم . وأنشأ له قاعدة خشبية طولها نحو مائة قدم وعرضها نحو عشرة أقدام ، أقام فوقها سلسلة من الإطارات المصنوعة من مواسير من النحاس الأصفر ، كانت تبدو كأنها بوابات . وكان الجهاز كله محملاً على قضيب دائرى ، بواسطة عجلات انتزعت من سيارة فورد من النوع القديم ، وبذلك كان من

المتيسر إدارته ليواجه أى اتجاه كان ، وأطلق الناس عليه على سبيل الفكاهة « الأرجوحة الدائرية » .

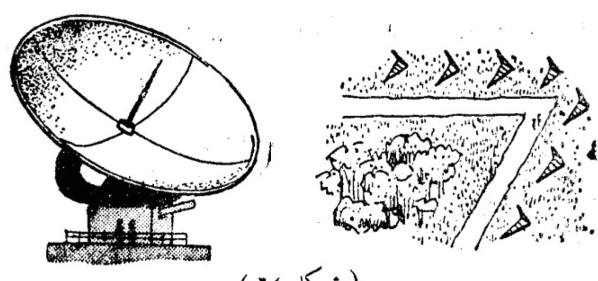


(شكل ٦٣)

وعندما أوصل جانسكي السماعات بالهوائى ، استمع إلى أصوات ناشئة عن الكهربائية الجوية (statics أو atmospherics) ، آتية من جميع الاتجاهات. وكان من السهل عليه أن يميز بين هذه الأصوات ، وبين المصادر التى من صنع البشر ، أو الزوابع الكهربائية . غير أنه لاحظ وجود نوع آخر من الأصوات الناشئة عن الكهربائية الجوية تعجب من سماعه غاية العجب . وقد جاء فى وصفه له قوله « كان ضعيفاً جداً ، وثابتاً جداً ، وسبب صفيراً فى السماعات » .

ترى ما سبب هذا « الصفير » ؟ لقد أثار فيه حب الاستطلاع ، غير أن استمراره فى البحث والدراسة لم يفده كثيراً ، وأسقط فى يده . إلا أنه توصل أخيراً إلى إدراك سبب الصعوبة التى لاقاها فى العثور على مصدر الصوت . ذلك أن المصدر نفسه كان متحركاً . وكان مساره مرتبطاً بالشمس ، يشرق من المشرق ويغرب فى المغرب ، غير أنه كان يبعد يوماً بعد يوم أمام الشمس .

وكان هذا هو الدليل الذى ساعده على حل المشكلة . فإذا كان المصدر يتحرك أمام الشمس، فإن ذلك يعنى أنه قد يكون فى موضع ما من الفضاء الخارجى، وأنه يبدو متحركاً بسبب دوران الأرض حـــول نفسها . وبعد أن توصل إلى هذه



(شكل ٦٤)

المعلومات ، استطاع جانسكي سريعاً أن يتتبع مصدر « الصفير » نحو اتجاه مركز « الطريق اللبني[1] » . وكان هذا الحل غير متوقع ، كما كان مثيراً ، وبلغ من أهميته أن تسبب في مولد علم جديد ، هو علم الفلك اللاسلكي (Radio Astronomy). وكانت جميع المعلومات التي لدينا عن السماوات قبل اكتشاف جانسكي ، قد وصلت إلينا لأن الشمس والنجوم تبعث ضوءاً . أما علم الفلك اللاسلكي ، فأساسه حقيقة واقعة ، وهي أن كثيراً من الأجسام التي في الفضاء تطلق أيضاً موجات لاسلكية. ومن الجدير بالذكر أن الضوء والموجات اللاسلكية متماثلان تماماً ، فيما عدا أطوال الموجات في كل منها — وطول الموجة يساوي المسافة بين قمتي موجتين متتاليتين . فالموجات اللاسلكية أطول كثيراً من موجات الضوء . ويختص التلسكوب البصري بالموجات الضوئية التي تقاس أطوالها بأجزاء من مائة ألف من البوصة . في حين يختص الراديو تلسكوب أو التلسكوب اللاسلكي بالموجات اللاسلكية التي قد يكون طولها مائة قدم .

وقد فتح الفلك اللاسلكي للانسان الطريق لدراسة أجزاء شاسعة من الكون كانت من قبل محجوبة عن أنظارنا . وجاء في تعليق للفلكي المعروف بارت بك

---

(١) الطريق اللبني ، هو المجموعة النجمية التي تشمل فيما تشمله المجموعة الشمسية ، ومن بينها الكرة الأرضية . ويرجع الاسم إلى كثرة النجوم والكواكب كثرة هائلة تشبه حبيبات الدهن في اللبن . وللسبب نفسه أطلق الفلكيون العرب على هذه المجموعة « طريق التبانه » تشبيها للكواكب والنجوم بما يتناثر من التبن في طريق قوافل محملة به (المترجم) .

(Bart Bok) على ذلك ، « أن الشعور بالنشوة الذى أحسسنا به مماثل لشعور بالبوا (Bolboa) عندما شاهد المحيط الهادى لأول مرة » .



(شكل ٦٥)

ويختلف شكل التلسكوب اللاسلكي اختلافاً تاماً عن التلسكوب البصرى . ويصنع عادة على صورة طاس (وعاء الحساء) معدنى ضخم ، يمكن إمالته ليواجه مختلف الاتجاهات . كما أن ثمة نوع آخر من التلسكوب اللاسلكي على صورة صف أو عدة صفوف من الهوائيات الصغيرة المثبتة على الأرض . ويجمع التصميم المستعمل فى الوقت الحاضر بين القاعدة الأساسية فى الهوائى الأصلى الذى صنعه جانسكي ، وأجهزة الرادار الحديثة التى أنشئت أثناء الحرب العالمية الثانية . وأكبر تلسكوب لاسلكي من النوع الشبيه بالطاس يستعمل فى الوقت الحاضر ، يبلغ قطر طاسه مائتين وخمسين قدماً ، ويوجد فى جودريل بانك بانجلترا .

والتلسكوب اللاسلكي جهاز جديد لدراسة السماء ، وإن كنا لا نستطيع الجزم بأنه أفضلها من هذه الناحية . وكثير من مصادر الموجات اللاسلكية فى الفضاء ، التى تم التوصل إليها عن طريق التلسكوب اللاسلكي ، لم نستطع مطابقتها على أى شىء يمكن رؤيته عن طريق التلسكوب البصرى . وقياساً على ذلك ، فإن أغلب النجوم التى يمكن مشاهدتها عن طريق التلسكوب البصرى ، يتعذر سماعها بواسطة التلسكوب اللاسلكي . وهذا الأمر بالذات يجعل التلسكوب اللاسلكي آلة عظيمة القيمة ، إذ أنه يمدنا بمعلومات عن أجسام فى الفضاء لا يمكن رؤيتها .

والإرشادات اللاسلكية التى وصلتنا من المجموعة الشمسية ، جاءت من القمر

ومن كوكب الزهرة وكوكبي المريخ والمشترى . والشمس هي النجم الوحيد الذى نستطيع التقاط الإشارات اللاسلكية التي يرسلها . أما النجوم الأخرى ، فعلى الرغم من أنها تطلق الاشارات أيضاً ، إلا أنها أبعد من أن نستطيع التقاط موجاتها اللاسلكية . ومن الحقائق التي تسترعى الاهتمام فى الإشارات الشمسية ، أن أقواها لا تصدر من قرص الشمس نفسه ، بل من استقبال موجات لاسلكية على أبعاد تصل إلى اثنى عشر مليون ميل خارج الشمس المرئية .

غير أن أكبر مصادر الإرسال اللاسلكي توجد على مسافات شاسعة من الفضاء الكونى . ومن بين هذه المصادر ثلاثة لها أهمية خاصة لأسباب تختلف



ارتطام فى كوكب الدجاجة



سديم السرطان

(شكل ٦٦)

فى كل منها . وأحدها هو الانفجار المسمى سوبر نوفا (Super nova) لنجم من النجوم . وهذا المصدر هو سديم السرطان (Crab Nebula) ، الذى لاحظ وجوده الفلكيون الصينيون لأول مرة فى عام ١٠٥٤ ، وما زلنا قادرين على مشاهدته بتلسكوباتنا البصرية على صورة انفجار مستديم ، يقذف إلى الخارج بمقادير هائلة من غاز متوهج . أما المصدر الثانى الذى يوجد فى برج الدجاجة (Constellatis Cygnus) فيبدو أنه ارتطام بين مجموعتين من النجوم . والمصدر الثالث، فى منطقة كوكبة ذات الكرسى[1] (CossioPeia) ، يبدو كغمام خفيف جداً من التراب فى حركة عنيفة . وليس بين مصادر الموجات اللاسلكية التى تعد بالآلاف ، والتى أمكن الاستماع إليها حتى الآن بالتلسكوب

---

(١) عن (النجوم فى مسالكها) ترجمة الدكتور أحمد عبد السلام الكردانى (المترجم) .

اللاسلكي ، أكثر من نحو مائة أمكن التعرف عليها من بين الأجرام المرئية بالتلسكوب البصري .

وقد ظهرت مجموعة جديدة من مصادر الإرسال اللاسلكي في الأشهر الأخيرة من عام ١٩٦٣ . ولم يتم التعرف التام عليها بعد . وقد أطلق عليها « أجسام نجمية بعيدة » (Quasi Stellar Objects) ، لأن الاعتقاد الذي ساد أول الأمر هو أنها نجوم متوسطة البعد . غير أن الأبحاث التالية أظهرت أنها في الواقع مجموعات نجمية ، ربما كانت أشد لمعاناً من مجموعتنا الشمسية بنحو مائة مرة . والواقع أنها تبدو أعظم مصادر الطاقة في الكون المعروف للانسان . وهناك من الأدلة مايثبت أن حجمها يبلغ نحو واحد من مائة من حجم مجموعتنا ، مما حدا ببعض الفلكيين إلى الاعتقاد بأنها مجموعة نجمية في طريقها إلى الزوال ، وهذا يفسر سبب انطلاق المقادير الهائلة من الطاقة التي تنبعث منها .

وعلى ضوء الأبحاث الحديثة ، يسود الاعتقاد الآن أن بعض (الأجسام النجمية البعيدة) توجد خارج نطاق أشد التلسكوبات البصرية قوة . والواقع أنها قد تكون أبعد الأجسام المعروفة للانسان . ويقدر بعدها عنا بنحو ستة إلى عشر بلايين سنة ضوئية .

ومن المعروف أن أجزاء كثيرة في الكون لم تكتشف إطلاقاً بالتلسكوبات البصرية ، لوجود غيوم ترابية هائلة وغازات تحجب المنظر عن هذه التلسكوبات. وفي خلال الحرب العالمية الثانية ، اقترح فلكي هولندي حديث يدعى « هندرك فان دي هلست » (Hendrik Van de Hulst) ، طريقة مثيرة لاستخدام التلسكوب اللاسلكي في اختراق حجب هذه الغيوم . وكان يعرف أن الفضاء الواقع بين النجوم يحتوي على إيدروجين منتشر في صورة مخففة جداً . وللتوصل إلى فهم مدى هذا التخفيف ، نذكر أن أقرب فراغ إلى الكمال يمكن إحداثه على الأرض لايزال يحتوي على نحو مائة مليون ذرة في زجاجة بحجم باينت ($\frac{1}{8}$ الجالون)

فى حين أن الزجاجة نفسها لا تحتوى إلا على ذرة واحدة فى الفراغ الخارجى . ومع ذلك فإن هناك سحباً هائلة من الإيدروجين مبعثرة فى الفضاء :

وحسب « فان دى هلست » من معلوماته عن النظرية الذرية الحديثة ، أن ذرات الإيدروجين فى الفضاء ربما كانت تعمل كمحطات إرسال مصغرة ، وهى ترسل إشارة لاسلكية كلما انقلب الإلكترون الوحيد الذى تحتوى عليه ذرة الإيدروجين رأساً على عقب ، وهذا يمكن حدوثه عند اصطدام ذرتين . ويجدر بالقارىء ألا يتخيل أن هذه الإلكترونات تنقلب باستمرار . فإن « دى هلست » قدر الزمن الذى ينقضى بين حدوث ذلك الأمر لذرة الإيدروجين الواحدة، مرتين متتاليتين ، بإحدى عشرة مليون سنة . ولكن ، حيث أن تسعة أعشار كل ما فى الفضاء من مادة يتكون من الإيدروجين ، ونظراً لحدوث التصادم بين ذرات الإيدروجين كل خمسين عاماً أو نحو ذلك ، فإن عدد الانقلابات يكفى لإحداث إشارات لاسلكية يمكننا التقاطها . وتوقع « فان دى هلست » أيضاً أن يكون طول الموجات الصادرة من الإيدروجين واحداً وعشرين سنتيمتراً — أى نحو ثمان بوصات ونصف .



تلسكوب إشعاعى - ١٩٥١

(شكل ٦٧)

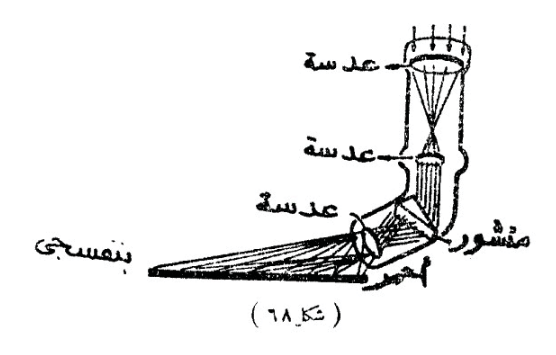
ولم يجر اختبار للاستماع إلى سحب الإيدروجين حتى عام ١٩٥١ . ففى العام المذكور بنى «هارولد يوون» (Harlod Ewen) داخل جامعة هارفارد تلسكوباً

لاسلكياً بدا كهرم مقلوب ، وضبطه بحيث يتلقى موجات طولها واحد وعشرون سنتيمتراً .

وتم استقبال الإذاعة الإيدروجينية الأولى فى الساعة الثانية والنصف صباحاً، فى الخامس والعشرين من شهر مارس . وجاءت الإذاعة من اتجاه مركز مجموعتنا النجمية ، وسجلت خطاً مائلاً ببطء على الرسم البيانى . وعمل «يوون» بلا هوادة لمدة ستين ساعة دون أن يغمض له جفن ، موالياً ختباره أجهزته وضبطها للتأكد من أنه يسجل فعلا إذاعة إيدروجينية من الفراغ . وهكذا قطع الشك باليقين ، وتم له اكتشاف مصدر جديد خيالى يمدنا بالمعلومات عن تركيب الكون . فالإيدروجين هو « الوحدات البنائية » التى يتكون منها الكون . وقد نجد فى إمكان تتبع الإيدروجين فى الفراغ مفتاحاً من المفاتيح الهامة التى سوف تفتح لنا الباب لفهم الكون .

واكتشاف الفلك اللاسلكى نصر عظيم للعلم فى القرن العشرين . غير أن هذه السنوات نفسها شاهدت أيضاً بزوغ آراء ونظريات مثيرة أعلن عنها رجال الفلك . وهى تعتمد إلى حد كبير على الفلك اللاسلكى ، وعلى إنشاء أجهزة حديثة أخرى فى عالم الفلك .

فمن الأفكار المذهلة التى أظهرها الفلك فى القرن العشرين أن الكون يزداد



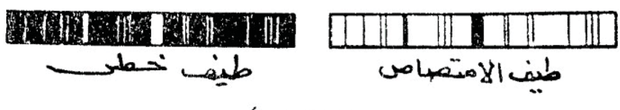
(شكل ٦٨)

اتساعاً أكثر فأكثر . والاعتقاد فى تمدد الكون من الأمور التى تتفق فيها ملاحظات الفلكيين من ناحية والنظريات التى تستند على القوانين العامة للفيزياء من الناحية الأخرى .

وقد بدأت المشاهدات التى أدت إلى بروز فكرة تمدد الكون فى أوائل سنوات القرن الحالى ، وذلك عندما فكر الفلكيون فى إلحاق جهاز مقياس الطيف (Spectrosope) ، بتلسكوباتهم . ويحتوى منظار الطيف على منشور ثلاثى من الزجاج ، ينشر الحزمة الضوئية التى تقع عليه على صورة طيف من ألوان قوس قزح — أى الأحمر فالبرتقالى والأصفر والأخضر والأزرق ثم البنفسجى.

وثمة ثلاثة أنواع رئيسية من الطيف يمكن مشاهدتها باستعمال منظار الطيف . فلو أن جسماً صلباً ، أو سائلا ، أو غاز مضغوطاً ضغطاً عالياً ، سخن إلى حالة التوهج ، فان طيفه يبدو فى صورة شريط متصل من الألوان ، تتداخل فيه الألوان بعضها فى بعض . أما إذا كان مصدر الطيف غازاً متوهجاً ، كما فى أنابيب النيون مثلاً ، فإن الطيف يكون على صورة شريط أسود ، يحتوى على عدد قليل من الخطوط اللامعة اللون . وتختلف أشكال هذه الخطوط باختلاف العناصر ، ولذلك يمكن إستعمال هذا الطيف للتعرف على وجود أى عنصر . والنوع الثالث من أنواع الطيف يتكون عند وضع غاز أو بخار أبرد نسبياً ، بين جسم صلب متوهج ومنظار الطيف . وفى هذه الحالة يمتص الغاز الأشد برودة الخطوط الخاصة به ، وتوجد على الشريط المستمر خطوط قاتمة تدل على التركيب الكيميائى للغاز .

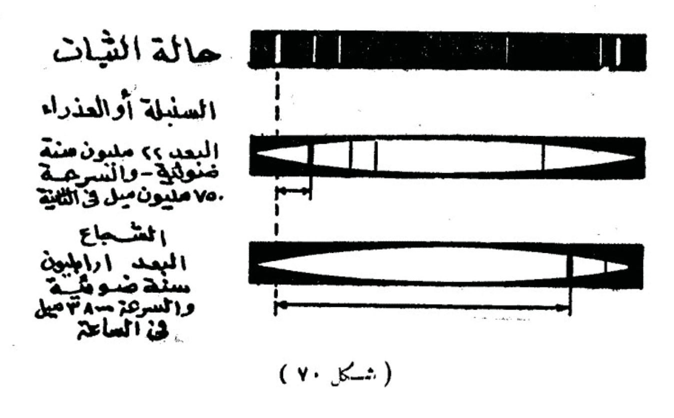
والطيف المشاهد لمعظم النجوم من هذا النوع المحتوى على خطوط قاتمة .



(شكل ٦٩)

فالغازات ذات الضغط العالى ، والحرارة البالغة الارتفاع داخل النجوم ، تكونان طيفاً مستمراً . وعندما يمر الإشعاع خلال الطبقات الخارجية من الغازات فى النجم ، تنشأ العناصر التى بها خطوط قاتمة مما يجعل التعرف عليها ممكناً (ورغم أن معظم النجوم من النوع الأخير ذى الخطوط القاتمة ، إلا أن قلة منها تكون خطوطاً لامعة ، كما فى النوع الثانى من الثلاثة الأنواع المذكورة أعلاه) .

وعندما نتكلم عن خطوط الطيف ، نفترض أن مصدر الضوء ومنظار الطيف ثابتان . أما إذا بدأ أحدهما فى التحرك ، فإن أمراً عجيباً سوف يحدث — ذلك أن الخطوط لا تبقى ثابتة فى مواضعها ! فإذا كان المصدر يتحرك نحو المنظار ، فإن الخطوط تنتحى ناحية الطرف البنفسجى للطيف . أما إذا كان المصدر يتحرك بعيداً عنه ، فإن الخطوط تنتحى نحو الطرف الأحمر . وزيادة على ذلك ، فكلما ازدادت سرعة تحرك المصدر ، إن قرباً أو بعداً ، ازداد مقدار انتقال الخطوط .



(شكل ٧٠)

وقد وجد فيستو سليفر Vesto. M. Slipher (ولد فى عام ١٨٧٥) ، فى السنوات التالية لعام ١٩٢٠ ، أن عدداً كبيراً من النجوم والمجموعات النجمية تظهر انتقالاً ملحوظاً لخطوط الطيف بها نحو الناحية الحمراء — الأمر الذى أصبح الآن شهيراً « بالانتقال الأحمر » (red shift) . ويستدل منه على أنها تتحرك

بعيداً عنا ، وبسرعات بالغة . وبلغ عدد المجموعات النجمية التي اكتشف حتى عام ١٩٢٥ أنها تظهر انتقالاً أحمر نحو أربعين مجموعة . وكان تفسير « الانتقال الأحمر » هو أنه يمثل الظاهرة التي يسميها رجال الفيزياء « تـــأثير دوبلر » (Doppler effect) . ومن أمثلة هــذه الظاهرة أنه إذا كان القارىء راكباً سيارة مسرعة ، وقابل في طريقه سيارة أخرى تسير في الاتجاه المضاد مطلقة صوت نفيرها ، فإن نغمة النفير تبدو مرتفعة أثنــاء اقتراب السيارة ، كما تبدو منخفضة بعد مرورها . وتفسير ذلك بشكل بساطة ، أن قمم موجات الصوت وصلت إلى الأذن في أوقات متقاربة وبأعداد أكبر أثناء اقتراب السيارة ، وبذلك ارتفعت درجة النغم بازدياد تردد الموجات . وعندما تباعدت السيـــارتان ، وصلت قمم الموجات بأعداد أقل ، مما خفض من درجة النغم .

وحيث أن الضوء بدوره يسير في موجات ، فإن الظاهرة نفسها تتكرر مع موجات الضوء التي تشاهد خلال منظار الطيف . فإذا كان مصدر الضوء يتحرك مقترباً ، زداد تردد الموجات الضوئية ، ويتحرك طيف الخطوط الخاص به داخل المنظار نحو الطرف البنفسجي للطيف ، حيث يكون لأطوال الموجات تردد أكثر ارتفاعاً . أما إذا كان المصدر يتحرك مبتعداً ، فإن الموجات يكون لها تردد أقل ، فيتحرك الطيف الخطي في المنظار نحو الطرف الأحمر من الطيف حيث تردد الموجات أقل.

وإذا كان تفسير الانتقال الأحمر بأنه تأثير دوبلر ، تفسيراً صحيحاً ـ وفي الوقت ذاته فهو التفسير الوحيد الذي يقبله العقل — فإن العلماء يواجهون نتيجة محيرة . إذ أن كل مجموعة من المجموعات النجمية التي درست تقريباً ، تتحرك بعيداً عنا ، كما أن بعض هذه المجموعات تتحرك بسرعة كبيرة جداً ! .

ترى لم يبدو أن المجموعات النجمية تندفع بعيداً عنا ؟ لقد أجاب على هذا السؤال عالمان ، كان كل منهما يعمل بمفرده . وذلك أن ألبرت أينشتاين كان قد انتهى من إعداد إثبات مبني على نظريته النسبية ، يبين أن الكون لا يتغير

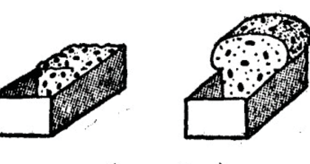
من حيث الحجم — أى أنه كون ثابت . وفى عام ١٩٢٢ كان ألكساندر فريد مان Alexander Friedman يدرس معادلات أينشتاين ، فعثر على غلطة فى عمليات الجبر . وعندما صححت ، أثبتت العمليات الرياضية أن الكون لا يبقى ثابتاً كما كان أينشتاين يعتقد ، بل يتغير إما بالزيادة فى الحجم أو النقص. (واعترف أينشتاين فيما بعد بخطئه قائلاً إن هذه كانت أكبر غلطة وقع فيها فى حياته) . وكان فى هذا نصف الإجابة أى الجزء النظرى منها . وفى الوقت ذاته وجد إدوين هابل (Edwin Hubble) ، باستعمال منظار الطيف الملحق بمرصد مونت ويلسن ، أن المجموعات النجمية البعيدة تزيد من حيث الانتقال الأحمر عن القريبة منها . وكان فى هذا النصف الثانى للاجابة أو الناحية العملية منها .

وفى عام ١٩٢٨ ربط إدوين هابل بين النظرية التى تبين أن الكون يتغير ، وبين ملاحظاته التى تبين أن المجموعات النجمية البعيدة تندفع بعيداً بسرعة أكبر من المجموعات الأقرب منها . ووضع نظرية للكون المتغير ، جاء فيها أن الكون بأجمعه يتمدد — ويصبح أكبر فأكبر . ولا يعنى ذلك أن جميع المجموعات النجمية تبتعد عن مجموعتنا . بل إن كل مجموعة نجمية تتباعد عن كل مجموعة نجمية أخرى . ولو أتيح لشخص ما أن ينتقل بقوة سحرية إلى أى نقطة أخرى فى الكون ، فسوف يجد أيضاً أن جميع المجموعات النجمية تتحرك بعيداً عنه .

ويسهل على القارىء تصور هذا الأمر إذا تخيل الكون فى صورة كتلة محشوة بالزبيب ، بحيث يكون العجين ممثلاً الكون والزبيب ممثلاً مجموعات النجوم . فقبل إدخال العجين فى الفرن يكون الزبيب متقارباً بعضه من بعض . ولكن بعد إدخاله الفرن يأخذ فى العلو ، ويكبر حجمه ، وينتشر الزبيب جميعه . والزبيب هنا لا يتحرك بعيداً عن زبيبة معينة ، بل يتحرك كله بعيداً عن بعضه البعض . فالعجين (الكون) يتمدد ، والمسافات بين الزبيب (مجموعات النجوم) تزداد بعداً .

ولا تقتصر فائدة منظار الطيف ، عن طريق الانتقال الأحمر ، على تعريفنا أن

الكون يزداد حجماً فحسب ، بل إن مقدار الانتقال فى حد ذاته يفيدنا عن سرعة تراجع كل مجموعة من المجموعات النجمية . وبعض المجموعات النجمية التى توجد فى الحدود القصوى التى يمكن أن نراها تلسكوباتنا ، تندفع بعيداً عن مجموعتنا بسرعة قد تبلغ ٣٨٫٠٠٠ ميل فى الثانية ، أى بأسرع من خمس سرعة الضوء . وفى الوقت الذى يستغرقه القارئ فى قراءة هذه الجملة تكون فيه أمثال هذه المجموعات قد توغلت ١٥٠٫٠٠٠ ميل أخرى فى الفضاء الخارجى . وعند انتهائه من قراءة هذه الجملة أيضاً يمكنه أن يتوقع زيادة قطر الكون بما يقرب من ٧٠٠٫٠٠٠ ميل .



(شكل ٧١)

وتمدد الكون ، مع اندفاع المجموعات النجمية البعيدة نحو الفضاء الخارجى ، فكرة عجيبة تجهد خيالنا . وفى الفلك الحديث فكرة أخرى تنتقل بنا على ما يبدو إلى ميدان الخرافات العلمية . وهذه الفكرة تتعلق بما ثبت حديثاً من وجود الحياة خارج كوكبنا « الأرض » .

فقد أصبح من المتفق عليه الآن أن كوكبنا ليس وحيداً فى نوعه . وأغلب الظن أن هناك كواكب عديدة شبيهة به ، تحيط بنجوم أخرى فى الفضاء لا حصر لعددها . ولأول مرة أصبحت القصص العلمية الخيالية عن الحياة فى الكواكب الأخرى موضع دراسة وبحوث علمية جادة . ومن يدرى ، فقد يأتى أحد الانتصارات الفلكية المقبلة فى هذا الميدان .

وقد حسب السير برنارد لوفل (Sir Bernard Lovell) ، مدير المرقب اللاسلكى فى جوردل بانك بإنجلترا ، فرص وجود الحياة فى الكواكب الأخرى .

وجاء فى تقديره أن خمسة فى المائة من النجوم التى فى مجموعتنا النجمية قد تكون لها كواكب صالحة لمعيشة الكائنات الحية . ولكى يكون تقديره بعيداً عن المبالغة فقد خفض التقدير إلى واحد فى المائة ، وعليه فإن المائة بليون نجم التى فى مجموعتنا يكون من بينها بليون نجم يحتمل أن تكون كواكبها محتوية على كائنات حية . وحتى إذا كان قد أخطأ فى ٩٩٩ نجماً من كل ألف ، فإن ذلك يترك مائة مليون نجم فى مجموعتنا لها كواكب قد يكون بها حياة من نوع ما .

وإذا لم يكن فيما ذكرناه إثارة كافية ، فلننتقل الآن إلى الكون المرئى كله ، لا إلى مجموعتنا النجمية وحدها . إن فى إمكاننا أن نرى مئات الملايين من المجموعات النجمية الشبيهة بمجموعتنا . ولذلك فإن ذلك الجزء من الكون الذى يمكننا أن نراه قد يكون محتوياً على بضع تريليونات من الكواكب التى بها أحياء !

وجاء تأييد لهذا الرأى من ملفين كالفين (Melvin Calvin) وغيره من العلماء الذين فحصوا النيازك الساقطة . ويظهر أنهم وجدوا آثاراً من الحفريات وبعض النيوكليك التى ليست من الأنواع التى تشترك فى عمليات الحياة على الأرض (أنظر الفصل الخامس) . وكلاهما يدل على وجود حياة فى موضع ما من الفضاء . فإذا جاز وجود الحياة فى مواضع أخرى من الكون ، فإن جواز وجود حضارة أفضل من حضارتنا يكون أمراً محتملاً إلى حد بعيد . وفى هذه الحالة لا يستبعد أن يكونوا مهتمين بإجراء محاولات للاتصال بنا .

وفى عام ١٩٦١ اجتمع ، دون دعاية أو لفت للأنظار ، فريق من الخبراء المبرزين فى ميادين الفلك والمواصلات والكيمياء الحيوية والفيزياء النووية . وكان الغرض من هذا الاجتماع البحث فى فكرة الحياة على الكواكب الأخرى — كيف أن سكانها قد يكونون جادين فى محاولة الاتصال بنا ، وكيف نجرى محاولة للاتصال بهم . وكان بعض هؤلاء الخبراء يعتقدون أن أية حضارة تكون متفوقة على حضارتنا ، لا بد أن تعرف أهمية الموجة التى يبلغ طولها ٢١ سنتيمتراً .

ولذلك كان من بين الطرق المقترحة الإصغاء إلى ما قد يكون هناك من محاولات للاتصال بنا ، على أطوال موجات تتعلق بواحد وعشرين سنتيمتراً . والفكرة الثانية فى الاتصال بالكواكب هى الاستعانة بأشعة ضوئية بالغة القوة والنقاء سميت (lasers) ، لإرسال إشارات ضوئية لجيراننا البعيدين .

والفلك اللاسلكي ، وإثبات تمدد الكون ، والحياة فوق الكواكب الأخرى — هى الانتصارات التى أبرزها الفلك الحديث . وهاك طريقة بسيطة نقترحها على القارىء ليحس إحساساً حقيقياً بمغزى هذه الانتصارات . انتظر يا سيدى حلول أول ليلة صافية مظلمة ، ثم ارفع نظرك إلى السماء ، وراجع فى ذاكرتك بعض الحقائق التى أمدنا بها الفلكيون عن الكون .

أنظر إلى النجوم اللامعة . إن أشد النجوم التى ترى فى نصف الكرة الشمالى لمعاناً هى الشعرى اليمانية[1] (Sirius) وتبعد عنا ثمان سنوات ضوئية ونصف . ومن بين النجوم التى تراها ، والتى توجد جميعاً فى مجموعتنا النجمية ، ما قد يبلغ بعدها عنا مائة ألف سنة ضوئية . وإذا زود القارىء نفسه بخريطة للسماء وتلسكوب أو منظار مقرب ، فقد يستطيع مشاهدة أقرب المجموعات النجمية المجاورة لنا ، وهى المجموعة اللولبية الكبرى فى سديم المرأة المسلسلة (Andromeda) فهذه البقعة الصغيرة من الذرات الدقيقة تبعد عنا مليونى سنة ضوئية .

وليتصور القارىء أن هذا السماء العظيم الاتساع ، يحوى نجوماً ومجموعات نجمية فى حالة من الاضطراب الشديد البالغ العنف ، ينفجر بعضها ويتصادم البعض الآخر ، وكل منها يعمل كمحطة إرسال تزيد قوتها عن ألف ضعف قوة أعظم أجهزة الإذاعة فى العالم .

والآن فلينتقل القارىء بفكره إلى الكون المتمدد . فبينما هو ينظر إليه ،

---

(١) عن (النجوم فى مسا لكها) ترجمة الدكتور أحمد عبد السلام الكردانى .

تتسابق مجموعات نجمية غير منظورة نحو الفضاء الخارجى بسرعة تبلغ آلاف الأميال فى الثانية . وأخيراً فليمد القارىء خياله فعلاً ليحاول أن يتصور مدنيات أخرى فى الفضاء الخارجى — البعض منها متقدم عن مدنيتنا — تحاول أن تنشىء اتصالات بنا .

حقاً إن هذا الكون لعجيب ومهيب — ولكنه فوق كل شىء كون يوحى بمستقبل عظيم .

مطابع البلاغ
٢٦ شارع منصور